



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, NATURAIS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROQUÍMICA**



**JÉSSICA LOUZADA MACHADO**

**PERFIL QUÍMICO E SENSORIAL DE GRÃOS DE DIFERENTES  
GENÓTIPOS DE *Coffea canephora***

**ALEGRE  
2019**

**JÉSSICA LOUZADA MACHADO**

**PERFIL QUÍMICO E SENSORIAL DE GRÃOS DE DIFERENTES  
GENÓTIPOS DE *Coffea canephora***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agroquímica, do Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde, da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para a obtenção do título de mestre em Agroquímica, na área de Química Ambiental.

Orientador: Marcelo Antonio Tomaz

Coorientadores: Vanessa Moreira Osório e Adilson Vidal Costa

**ALEGRE  
2019**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema  
Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e  
elaborada pelo autor

---

L886p Louzada Machado, Jéssica, 1991-  
Perfil químico e sensorial de grãos de diferentes genótipos  
de coffea canephora / Jéssica Louzada Machado. - 2019.  
78 f. : il.

Orientador: Marcelo Antonio Tomaz.

Coorientadores: Vanessa Moreira Osório, Adilson  
Vidal Costa.

Dissertação (Mestrado em Agroquímica) -  
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de  
Ciências Exatas, Naturais e da Saúde.

1. Mecanismos reações. 2. Escala da qualidade. 3.  
Constituintes voláteis majoritários. 4. Dendograma. 5.  
Correlação linear de Pearson. 6. Contribuição relativa. I.  
Antonio Tomaz, Marcelo. II. Moreira Osório, Vanessa. III.  
Vidal Costa, Adilson. IV. Universidade Federal do Espírito  
Santo. Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde.  
V. Título.

CDU: 631.41

---

JÉSSICA LOUZADA MACHADO

**PERFIL QUÍMICO E SENSORIAL DE GRÃOS DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE  
*Coffeacaneophora***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroquímica do Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde-CCENS, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Agroquímica, linha de pesquisa em Química Ambiental.

Aprovada em 25 de fevereiro de 2019.

**COMISSÃO EXAMINADORA**



Prof. Dr. Marcelo Antonio Tomaz  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador



Profª. Drª. Vanessa Moreira Osório  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Coorientadora



Prof. Dr. Adilson Vidal Costa  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Coorientador



Prof. Dr. Lucas Louzada Pereira  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Membro Externo

Dedico esta dissertação à minha família pelo incentivo nos estudos. Foi por vocês.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, Pai Amado, por conceder-me vida, saúde, inteligência e sabedoria. A Ti, dou graças por todos os dias da minha vida, pela força concedida nos momentos difíceis, tornando possível a conclusão de mais uma etapa.

Aos meus pais Orlando Souza Machado e Andréia da Silva Machado e aos meus irmãos Rodrigo Louzada Machado e Rízia Louzada Machado pelo apoio em cada fase da minha vida, pela paciência e por me darem incentivo e apoio incondicional durante a realização deste trabalho. Sem vocês eu não teria conseguido.

Ao meu marido Rodolpho Maia Esteves pelo apoio, companheirismo, amor, paciência e compreensão destinados às minhas escolhas.

Ao professor Marcelo Antonio Tomaz, por sua orientação, atenção e confiança ao longo deste trabalho.

Aos professores Vanessa Moreira Osório e Adilson Vidal Costa pela coorientação e pela ajuda, ensinamentos e disponibilidade durante o desenvolvimento do trabalho de pesquisa.

Ao Engenheiro Agrônomo e Mestre em Produção Vegetal Tafarel Victor Colodetti pela disponibilidade e disposição em ajudar sempre que foi solicitado.

Ao produtor rural José Augusto Demartini Landi e sua família pela gentileza em nos receber no campo experimental para que pudéssemos desenvolver o presente trabalho.

À Professora Patrícia Fontes Pinheiro pelas dicas e sugestões valiosas.

Aos professores Lucas Louzada Pereira e Moisés Zucoloto por todo apoio e contribuições valiosas no projeto de pesquisa.

À toda equipe do LAPC - Laboratório de Análise e Pesquisa em Café do Instituto Federal do Espírito Santo, *campus* Venda Nova do Imigrante pelo preparo das amostras, pela realização das análises sensoriais, pela ajuda, boa vontade e ensinamentos.

Aos professores e colegas que contribuíram com minha formação.

À técnica Mayara Silva Dutra do Laboratório de Química Analítica do Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde (CEENS), pelo apoio e auxílio com as análises cromatográficas.

Meus agradecimentos vão também para Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação em Agroquímica do Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pelo apoio financeiro (FAPES/SEAG Nº 06/2015 - PPE AGROPECUÁRIA) que foi de grande importância para execução deste trabalho.

A todos, que de maneira geral, contribuíram para a elaboração desta pesquisa. Gratidão!

“Se algum de vocês tem falta de sabedoria,  
peça-a a Deus, que a todos dá livremente,  
de boa vontade; e lhe será concedida.”

Tiago 1:5.



## RESUMO

A qualidade da bebida do café está relacionada aos atributos químicos, físicos e sensoriais. Essas características podem variar com o local de cultivo, fatores genéticos, processamento pós-colheita, torração entre outros fatores. A busca por cafés de qualidade justifica estudos sobre sua composição química, visando estabelecer relação entre os constituintes e o perfil sensorial da bebida. Desse modo o objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química dos grãos de café e a influência nos atributos sensoriais da bebida. As análises foram realizadas em 27 genótipos de *Coffea canephora* pertencentes às variedades clonais “Diamante Incaper 8112”, “Jequitibá Incaper 8122” e “Centenária Incaper 8132”. As plantas foram estabelecidas na forma de experimento em campo no município de Alegre-ES na comunidade de Lagoa Seca. Os cafés foram colhidos, processados, secados, torrados e moídos para realização das análises químicas e sensoriais. A identificação dos voláteis foi avaliada por micro extração em fase sólida no modo *headspace*, combinada à cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. Para a análise sensorial foi utilizado o Protocolo de Degustação de Robustas Finos. Na análise sensorial todos os atributos tiveram correlação positiva com a Nota Global, produzindo cafés de boa qualidade, destacando o atributo Retrogosto e Sabor. Pela análise multivariada a partir da distância Euclidiana verificou-se a contribuição relativa dos caracteres sensoriais e químicos para a divergência genética entre os genótipos das três variedades clonais. Os compostos voláteis que mais contribuíram para a formação dos grupos foram: 4-etenil-2-metoxifenol, 2-Furil-metanol e Furfural. Os atributos sensoriais que mais contribuíram para a Nota Global foram Sabor, Sensação na boca, Amargor/doçura, Retrogosto e Fragrância/aroma. Assim, este trabalho aponta compostos que contribuem positivamente para a qualidade da bebida de café.

**PALAVRAS-CHAVE:** café; Conilon; qualidade; voláteis.

## **ABSTRACT**

The quality of the coffee is related to the characteristics of the flavor and aroma developed during the roasting. These characteristics are influenced by the chemical composition of the grains that can vary with the place of cultivation, genetic variety, post-harvest processing, among other factors. The search for quality coffees justifies studies on its chemical composition, aiming to establish a relationship between the constituents and the sensorial profile of the beverage. Thus the objective of this work is to evaluate the chemical composition of the volatiles and the influence on the sensorial attributes of the beverage. The volatiles identification was evaluated by solid phase microextraction using the headspace mode, combined with gas chromatography coupled to mass spectrometry and the majority classes in the three clonal varieties "Diamante Incaper 8112", "Jequitibá Incaper 8122" and "Centennial Incaper 8132". In the sensorial analysis all the attributes had positive correlation with the Global Note, producing good quality coffees, highlighting the attribute Retrogosto and Sabor. In the sensorial analysis all the attributes had positive correlation with the Global Score, producing good quality coffees, contrasting the attribute Aftertaste and Flavor. By the multivariate analysis, from the Euclidian distance, was verified the relative contribution of the sensorial and chemical characters to the genetic divergence between the genotypes of the three clonal varieties. The most volatile compounds that contributed to the formation of the groups were: 4-ethenyl-2-methoxyphenol, 2-Furyl-methanol and Furfural. The sensory attributes that contributed most to the Global Score were Flavor, Mouth Sensation, Bitter/Sweetness, Aftertaste and Fragrance/Smell. Thus, this paper work highlights compounds that contribute positively to the quality of the coffee beverage.

**KEY WORDS:** coffee; Conilon; quality; volatile.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CG –Cromatografia gasosa

CG-EM – Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas

CV/PMDS – Carbowax/Polidimetilsiloxisano

DVB – Divinilbenzeno

DVB/CB/PMDS – Divinilbenzeno/Carbowax/Polidimetilsiloxisano

HS – *Headspace*

INCAPER– Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional de Química Pura e Aplicada)

LAPC – Laboratório de Análise e Pesquisa em Café

PGE– Polietilenoglicol

pH– potencial Hidrogeniônico

PMDS – Polidimetilsiloxisano

PMDS/DVB – Polidimetilsiloxisano/Divinilbenzeno

Q-Grader– Avaliador Q de qualidade

SPME – Solid Phase Micro Extration( Microextração em fase sólida)

TR– Tempo de Retenção

UCDA – *Uganda Coffee Development Authority* (Autoridade para o Desenvolvimento do Café de Uganda)

UPGMA – Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages (Método de grupo de pares não ponderados usando médias aritméticas)

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mecanismo da primeira etapa da reação de Maillard.....	24
Figura 2 – Mecanismo de formação do Produto de Amadori .....	25
Figura 3 – Formação de compostos de menor massa molecular a partir da $\alpha$ -dicarbonílico .....	25
Figura 4 – Mecanismo da degradação de Strecker.....	26
Figura 5 – Mecanismo de formação das pirazinas .....	27
Figura 6 – Representação do processo de extração do analito e sua dessorção na análise cromatográfica .....	31
Figura 7 – (a) Extração por SPME no modo <i>headspace</i> e (b) Extração por SPME por imersão direta.....	32
Figura 8 – Dendograma obtido da matriz de dissimilaridade (distância euclidiana) entre os genótipos de cafeeiro Conilon e pelo método de agrupamento UPGMA, com base em doze compostos químicos dos grãos de café (pontos de corte: 68,82%)...	49
Figura 9 – Dendograma obtido da matriz de dissimilaridade (distância euclidiana) entre os genótipos de cafeeiro Conilon e pelo método de agrupamento UPGMA, com base em oito características sensoriais (ponto de corte: (69,87%) .....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Recobrimentos comercialmente disponíveis para SPME .....	32
Tabela 2 – Escala da qualidade do Protocolo de Degustação de Robustas Fino .....	34
Tabela 3 – Chave de resultados para descrever a qualidade do café.....	34
Tabela 4 – Lista dos clones de <i>C. canephora</i> .....	38
Tabela 5 – Constituintes voláteis majoritários encontrados na cultivar “Diamante Incaper 8112” .....	44
Tabela 6 – Constituintes voláteis majoritários encontrados na cultivar “Jequitibá Incaper 8122” .....	45
Tabela 7 – Constituintes voláteis majoritários encontrados na cultivar “Centenária Incaper 8132” .....	46
Tabela 8 – Correlação linear de Pearson das características da análise sensorial das três variedades clonais.....	48
Tabela 9 – Contribuição relativa de doze compostos químicos e atributos sensoriais para divergência genética entre os 27 genótipos de cafeeiro Conilon, baseada na matriz de distâncias euclidianas.....	51
Tabela 10 – Nota Global para análise sensorial da bebida dos diferentes genótipos de cafeeiro Conilon .....	55
Tabela 11 - Contribuição relativa (SINGH, 1981) de oito variáveis de qualidade sensorial para divergência genética entre os 27 genótipos de cafeeiro Conilon, baseada na matriz de distâncias euclidianas .....	56

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.1. IMPORTÂNCIA SOCIAL E ECONÔMICA DA CAFEICULTURA NO BRASIL....	17
2.2. ASPECTOS GERAIS DA BIOLOGIA DO <i>Coffea canephora</i> .....	19
2.3. FATORES DETERMINANTES PARA QUALIDADE DO CAFÉ.....	21
2.4. COMPOSTOS VOLÁTEIS.....	23
2.5. MÉTODO ANALÍTICO PARA ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAFÉ .....	29
2.6. MÉTODO DE EXTRAÇÃO POR MICROEXTRAÇÃO EM FASE SÓLIDA.....	30
2.7. PROPRIEDADES SENSORIAIS .....	33
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>37</b>
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	37
3.3. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	38
3.4. COLETA DAS AMOSTRAS.....	38
3.5. ANÁLISES SENSORIAIS .....	39
3.6. ANÁLISES QUÍMICAS: EXTRAÇÃO POR MICROEXTRAÇÃO EM FASE SÓLIDA NO MODO <i>HEADSPACE</i> .....	40
3.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	41
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>42</b>
4.1. CONSTITUINTES VOLÁTEIS .....	42
4.2. ANÁLISE SENSORIAL.....	46
<b>4.2.1. Análise de Correlação.....</b>	<b>46</b>
4.3. ANÁLISE MULTIVARIADA.....	48
<b>4.3.1. Perfil dos compostos voláteis.....</b>	<b>48</b>
<b>4.3.2. Perfil sensorial.....</b>	<b>54</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura encontra-se presente em mais de 70 países, predominantemente nos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, e consumidos prioritariamente nos países ricos e desenvolvidos, sendo uma atividade agrícola que contribui substancialmente no crescimento sócio econômico destes (SILVA, 2017).

A produção de grãos de café advém especificamente do gênero *Coffea* que possui 124 espécies descritas, em que duas são de grande importância comercial, o *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, responsáveis pela quase totalidade do café produzido e consumido no mundo (DAVIS et al., 2011; SILVA, 2017).

A espécie *Coffea canephora* Pierre ex Froehner responsável por aproximadamente 38% da produção de café nacional, por ser uma espécie com elevado vigor vegetativo e com produção de uma bebida predominantemente neutra com alto teor de sólidos solúveis (MOURA et al., 2007; RIBEIRO et al., 2014; MARCOLAN e ESPINDULA, 2015).

O estado do Espírito Santo é o maior produtor de café Conilon do país (CONAB, 2019). A cafeicultura é a principal atividade agrícola, presente em quase todos os municípios, com exceção da capital capixaba, e é uma atividade na qual contribui para o desenvolvimento, crescimento e geração de empregos diretos e indiretos no estado (INCAPER, 2012). Associado ao crescente consumo, o café é um produto no qual o valor e a qualidade estão diretamente interligados. Tal fato está relacionado ao aumento na busca por grãos de alta qualidade, valorizando-se os atributos sensoriais do produto (VERDIN FILHO et al., 2017), devido ao desenvolvimento do *flavor* após a etapa de torração dos grãos de café (AGRESTI et al., 2008; RIBEIRO et al., 2009).

A formação do *flavor* ocorre durante a torração dos grãos de café, no qual cerca de trezentos compostos químicos presentes nos grãos crus originam quase mil constituintes voláteis, dentre eles inclui-se as classes de furanos, pirazinas, cetonas, fenóis, ácidos, aldeídos, compostos sulfurados, piridinas, entre outros (TOCI; FARAH, 2014).

As diferentes características da bebida de café de alta qualidade estão relacionadas com a composição química dos grãos crus, que são influenciadas pelas

particularidades dos fatores ambientais e agronômicos (altitude, precipitação pluviométrica, luminosidade, temperatura, demanda hídrica, tipos e níveis de fertilização e o estágio de maturação dos frutos) pela variedade genética, além do processamento pós-colheita e condições de armazenamento (BARBOSA et al., 2012; RODRIGUES et al., 2009; SCHOLZ et al., 2011; MONTEIRO e FARAH, 2012; SUNARHARUM et al., 2014).

A demanda por cafés de qualidade estimula estudos e avaliações que busquem expressar os atributos intrínsecos sobre a qualidade do café, provenientes de interações entre o ambiente de produção e também as características genéticas (LEITE, 1991; ANDROCIOLI et al., 2003).

Em pesquisas sobre o efeito do ambiente e do método de processamento em relação à qualidade da bebida de café, foi observado por Salla (2009) que a maioria dos genótipos e cultivares da espécie *C. arabica* obtiveram variações significativas em função do ambiente de produção e método de processamento para a maioria das características de qualidade do café. No entanto, algumas cultivares apresentaram uma qualidade superior da bebida em todos os ambientes de produção e em qualquer forma de processamento, no qual indica uma estabilidade genética para manifestar aromas e sabores distintos.

Devido à complexidade dos fatores ambientais e agronômicos, pela variedade genética, além do processamento pós-colheita e condições de armazenamento e de suas interações, são necessários mais estudos para avaliar suas correlações com a qualidade da bebida de café. Além disso, há poucos estudos que avaliam os constituintes químicos e sua correlação com as características sensoriais da bebida de café Conilon.

Desse modo, objetivou-se avaliar o perfil químico e sensorial de grãos de 27 genótipos de *Coffea canephora*, cultivados em altitude de transição.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. IMPORTÂNCIA SOCIAL E ECONÔMICA DA CAFEICULTURA NO BRASIL

Historicamente a difusão da atividade cafeeira encontra-se associada à expansão das grandes potências marítimas. Viajantes, ao retornarem para a Europa, difundiram a bebida de café (TAUNAY, 1945).

O consumo de café teve início no século IX no continente africano e a bebida de café se tornou popular no século XVI em estabelecimentos comerciais na Turquia (MARTINS, 2012).

Em resumo, os holandeses introduziram as primeiras mudas e as cultivaram no Suriname em 1718, e depois expandido em outras áreas, como na América Central (TAUNAY, 1945). No Brasil a família rubiácea foi introduzida pela região norte em 1727 quando o país ainda era colônia de Portugal (TAUNAY, 1945; MARTINS, 2012).

Após diversos trajetos no território brasileiro, o cultivo se expandiu, em pequenas plantações, e por fim o café foi trazido do Maranhão para o estado do Rio de Janeiro em 1774 e, posteriormente, difundiu-se, no Vale do Paraíba, alcançando o estado de São Paulo e Minas Gerais (MATIELLO et al., 2005), Espírito Santo e Paraná (FASSIO; SILVA, 2007; MATIELLO, 1991).

A partir do século XIX inicia-se um novo ciclo econômico na cafeicultura, onde a cultura recebe mais interesse dos grandes proprietários, no qual se tornou uma das principais atividades agrícolas do país, responsável pela distribuição de riquezas e o principal produto das exportações brasileiras (BRASIL, 2018).

Nas primeiras décadas do século XIX, a produção de café baseava-se quase que totalmente em mão de obra escrava. De acordo com Taunay (1945), no ano de 1872, o recenseamento geral do império acusara a existência de 1.510.806 escravos, dos quais 820.000 nas três grandes províncias cafeeiras (Minas 370.479, Rio 292.637 e São Paulo 167.824), mais de 15% da população do país.

No ano de 1880, o número de mão de obra escrava decaiu, devido às ideias abolicionistas do período, iniciando uma nova fase do ciclo, com o marco de imigrantes no Brasil. Neste período com o rápido crescimento e ampliação das

plantações de café houve como consequência a escassez de mão-de-obra, devido à proibição do tráfico negreiro. Nesta fase a cafeicultura se desenvolve com trabalhadores assalariados e também apressa o fim da escravidão. Com isso, a riqueza gerada pelos cafezais fortalece economicamente os proprietários e imigrantes, que, posteriormente, ao saírem da lavoura, criam uma classe média no qual induz o crescimento de indústrias, comércios e serviços (SANTOS et al., 2009).

A produção de café no mundo e no Brasil concentra-se em duas espécies, *C. arabica* e *C. canephora* (cultivada no Brasil no final do século XIX) (CHARRIER; BERTHAUD, 1988; VAN DER VOSSEN, 1985).

O cultivo da espécie *Coffea arabica* concentra-se cerca de 85% da produção nacional nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Espírito Santo e Bahia, enquanto que, a espécie *C. canephora* 95% da produção nacional advém principalmente do Espírito Santo, Bahia e Rondônia (BRASIL, 2018).

No final do século XIX a espécie *C. arabica* era o café tradicional de produção no mundo e no Brasil. Porém devido a baixas produtividades com o surto de ferrugem neste período no continente asiático, fizeram com que a espécie de *C. canephora* ganhasse mais destaque e estudos científicos, por apresentar resistência a esta doença (VOSSEN, 1985). Assim, no período entre 1909 a 1912 a espécie de *C. canephora*, conhecida como robusta, foi introduzida no Brasil pelo ex-governador do estado do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, onde as primeiras mudas foram plantadas no município de Cachoeiro de Itapemirim, e posteriormente levada para outras regiões no norte do Estado (FERRÃO et al., 2017a).

Até o ano de 1962, o café arábica era a cultura que predominava no Espírito Santo, com cerca de 500 mil hectares de lavouras plantadas. Devido ao surto de ferrugem no Brasil, com grandes perdas para a cafeicultura da espécie arábica, como alternativa o Governo Federal lançou o plano de erradicação dos cafezais que acabou atingindo cerca de 53% da área cafeeira no Espírito Santo no período de 1962 - 1970 (SILVA et al., 2017).

Na década de 70, o cultivo de café Conilon/robusta no estado do Espírito Santo se destaca. Devido à inviabilidade de replantio da espécie *C. arabica* em regiões de baixa altitude (SILVA et al., 2017) e pelos estudos científicos e avanços tecnológicos da cafeicultura, principalmente após o lançamento das primeiras

variedades clonais para o Estado, o cultivo do Conilon passou a ser uma excelente opção (BRAGANÇA et al., 1993). Desde então, o estado do Espírito Santo é referência brasileira e mundial no desenvolvimento da cafeicultura do Conilon, com investimentos no desenvolvimento tecnológico em diferentes áreas, mais, sobretudo, nas áreas de melhoramento genético, manejo, irrigação, nutrição de plantas e colheita (FERRÃO et al., 2017a).

A produção de café possui grande influência em diversos setores da economia brasileira, em vista que é consumidor de matérias primas (adubos, fertilizantes, defensivos agrícolas, maquinários e logística) (SANTOS et al., 2009).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, e segundo maior consumidor do produto, no qual o parque cafeeiro é estimado em dois milhões de hectares. A Companhia Nacional de Abastecimento apresenta um parque cafeeiro estimado em 1,74 milhões de hectares (80,7%) destinam-se ao plantio de café arábica e 415,9 mil (19,03%) hectares ao café Conilon (CONAB, 2019).

A produção brasileira de café no ano de 2018 foi de 61.658 mil sacas beneficiadas, representando um crescimento de 37,1%, quando confrontado com a produção no ciclo anterior, muito em razão da bienalidade positiva esperada na maioria das regiões produtoras (CONAB, 2019).

A cafeicultura no Brasil é responsável pela geração de mais de oito milhões de empregos, no qual proporciona a distribuição de renda, acesso à saúde e educação dos trabalhadores e seus familiares (BRASIL, 2018).

## 2.2. ASPECTOS GERAIS DA BIOLOGIA DO *Coffea canephora*

O cafeeiro é da região tropical central da África, pertence à família Rubiaceae subfamília Ixoroideae, tribo Coffeeae DC. E compreende dois gêneros, *Psilanthus* Hook.f. e *Coffea* L. (DAVIS et al., 2011). A família Rubiaceae possui cerca de 500 gêneros e mais de 6000 espécies, ou seja, um produto importante do ponto de vista econômico, já que há várias famílias espalhadas pelo mundo (CARVALHO et al., 2017).

Dentre as espécies do gênero *Coffea* apenas duas têm importância econômica: a espécie *Coffea arabica* Linnaeu, que corresponde cerca de 60% a 70% da produção

mundial e *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner, que corresponde cerca de 30% a 40% da produção mundial (SILVA et al., 2017; MARCOLAN; ESPINDULA, 2015).

A expansão dos genótipos da espécie *C. canephora* teve início nas margens do ribeirão *Kouilloun* no Congo, descrito pelo botânico Louis Pierre como *Coffea canephora* Pierre em 1895. No ano de 1900, o botânico Albrecht Froehner caracterizou e renomeou a espécie como *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner (DAVIS et al., 2006).

A espécie *C. canephora* concentra-se em regiões quentes e úmidas, sendo de fácil adaptabilidade e ampla distribuição geográfica (FILHO, 2011). No Brasil, é cultivado em regiões de menores altitudes (<500m acima do mar) e temperaturas mais elevadas, em média 22°C e 26°C (FERRÃO et al., 2017b).

Devido à grande diversidade das espécies do gênero *Coffea*, estas então divididas por meio das diferentes origens geográficas e pelas análises fenotípicas, isoenzimáticas e moleculares, as variedades botânicas da espécie *C. canephora* são: “Kouilou” (Conilon), “Robusta”, “Sankutu”, “Bukaba”, “Niaculi”, “Uganda”, “Maclaud”, “Laurentti”, “Petit”, “Indénié”, “Nana”, “Polusperma”, “Oka” entre outras (FERRÃO et al., 2017b).

As cultivares da espécie *C. canephora* compõem-se de variedades clonais e variedades sintéticas (FERRÃO et al., 2017a). No Brasil, dezesseis cultivares de café Conilon estão registradas no Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA), das quais dez foram desenvolvidas pelo Incaper (Emcapa 8111, Emcapa 8121, Emcapa 8131, Emcapa 8141- Robusta Capixaba, Emcapa 8151 - Robusta Tropica, Vitória Incaper 8142, Diamante ES8112, Jequitibá ES8122, Centenária ES8132 e Marilândia ES8143); uma pela Embrapa Rondônia (BRS Ouro Preto); cinco de empresas privadas (Colatina PR6, Verdebrás G30/G35, SV2010 e Ipiranga 501) (FERRÃO et al., 2019).

O *C. canephora* é uma espécie com arbusto multicaule, com folhas grandes, onduladas, de coloração verde claro, frutos esféricos pequenos. É uma espécie alógama, diplóide ( $2n=2x$ )=22 cromossomos, com características reprodutivas de autoincompatibilidade do tipo gametofítica, controlada por um único gene com vários alelos. Este mecanismo impede a ocorrência de autofecundação, e o cruzamento

entre indivíduos dos mesmos alelos, apresentando variabilidade genética significativa (SOUZA et.al., 2015; FERRÃO et al., 2007).

### 2.3. FATORES DETERMINANTES PARA QUALIDADE DO CAFÉ

A qualidade do café esta relacionada com um conjunto de atributos físicos, químicos e sensoriais, os quais são responsáveis pelo sabor da bebida de café, e podem ser influenciadas por fatores genéticos, tratos culturais, ambiente de cultivo, colheita, tipo de processamento, processos de secagem, armazenamento; torração e preparo da bebida (PEREIRA, 1997; MONDELLO, 2005; ALVES, 2012; SCHOLZ et al., 2013; TOLEDO, 2017; ANGÉLICO et al., 2011; FAGAN et al., 2011; ALVARENGA, 2017).

Na produção de café, conhecer e estudar a região e a localização da lavoura torna-se um fator determinante na qualidade da bebida, pois as influências do meio geográfico proporcionam variações significativas na estrutura sensorial que compõe a bebida do café (TOLEDO, 2018; NETO; UETANABARO; OLIVEIRA, 2016).

A diversidade climática e o ambiente em que a lavoura de café foi cultivada também são fatores determinantes para a qualidade da bebida, pois, podem proporcionar variações significativas quanto à acidez, corpo, doçura, e aroma da bebida de café. Geralmente, lavouras de café arábicas localizadas em áreas de maior altitude com baixa umidade relativa do ar, observa-se que os frutos de café apresentam maturação mais homogênea, o qual ocasiona maior concentração de compostos químicos responsáveis pelas melhores características para a bebida de café (LUZ, 2014, RODARTE, 2008).

Outro fator que pode influenciar e contribuir na composição química do café são os fatores genéticos. As espécies *Coffea*, assim como o café Conilon, apresentam teores distintos de cafeína, trigonelina, ácidos clorogênicos e sacarose. Portanto, como há distintos teores de compostos químicos entre as espécies, dentro da própria espécie também. Neste sentido, estudo de melhoramento genético tem contribuído significativamente com ganhos de qualidade da bebida (MARTINEZ et al., 2014).

As etapas de colheita e pós-colheita do café também exercem influência na qualidade da bebida. Todas as etapas da cadeia produtiva, desde o cultivo até o

processamento, devem ser bem planejadas para garantir uma produção de alta qualidade. As etapas de pós-colheita, que incluem as fases de processamento, fermentação, secagem, armazenamento e beneficiamento, podem influenciar em mais de 50% da qualidade do produto final, devido a uma série de transformações físicas, fisiológicas e bioquímicas que os grãos podem ser acometidos logo após a colheita (DONZELES, 2012).

O processamento do café pode ser realizado por via seca ou via úmida. A etapa de processamento é muito importante dentro da pós-colheita, pois a separação dos frutos verdes e imaturos dos frutos cerejas é fundamental para manter a qualidade da bebida de café (BORÉM et al., 2017).

A escolha do processamento do café depende de alguns fatores, tais como: condições climáticas, investimentos tecnológicos, equipamentos, tratamento das águas residuárias, dentre outros fatores (BORÉM, 2008; CASTOLDI, 2013).

No processamento via seca os frutos são secados de forma integral (casca e mucilagem), após a colheita e ou por secadores mecânicos, podendo os frutos antes de ir para a secagem, passarem pelo equipamento lavador/secador de café, originando o café em coco ou natural (CHALFOUN; FERNANDES, 2013). Neste tipo de processamento, a etapa de secagem é de fundamental importância, pois afeta a qualidade do produto final, visto que os grãos quando muito secos podem se tornar quebradiços, produzindo o defeito quebrado. Por outro lado, os grãos que não são suficientemente secos, ficam mais vulneráveis à deterioração causada pelo ataque de fungos e bactérias (DUARTE; PEREIRA; FARAH, 2010).

O processamento por via seca dos grãos de café possui uma valorização comercial por originar bebidas com características mais encorpadas, doces e com acidez moderada devido à translocação de compostos químicos da polpa e mucilagem para os grãos de café devido à secagem mais lenta (MALTA; CHAGAS, 2010; PAIVA, 2005; PEREIRA; VILELLA; ANDRADE, 2002; VILELLA et al., 2002).

O processo por via úmida pode ser alcançado por diferentes formas: por procedimentos mecânicos ou biológicos (fermentação). O descasque do café cereja consiste na retirada da casca dos frutos cereja (cafés descascados) e o café desmulcilado ou degomado consiste na remoção da mucilagem ou goma (DALVI et al., 2019).

A secagem deve ser realizada logo após a colheita, para evitar fermentações que prejudiquem a qualidade dos grãos, realizadas em terreiros ou em secadores mecânicos. Após a secagem os grãos podem ser armazenados até o beneficiamento. Na etapa de beneficiamento, as camadas externas dos grãos são removidas assim como alguns defeitos.

Em relação aos aspectos sensoriais da bebida de café, os cafés desmulcilados apresentam melhor qualidade, menos corpo, maior acidez e aroma em relação aos cafés de processamento via seca, enquanto os cafés descascados apresentam corpo intermediário em relação aos cafés desmulcilados e naturais (DUARTE; PEREIRA; FARAH, 2010).

De acordo Saraiva et al. (2010), estudando os efeitos do processamento por via seca e via úmida sobre a qualidade do café Conilon, apontam que os métodos de processamento por via úmida resultam em cafés de melhor qualidade em relação ao método de processamento por via seca. Isso se deve ao fato de que a composição química de cafés processados por via úmida se difere significativamente de cafés processados por via seca (JOËT et al., 2010). No entanto, o método a ser utilizado, sozinho não garante a qualidade da bebida de café, pois uma gama de fatores pode interagir no decurso entre a colheita até o final do preparo do café (PEREIRA, 2017).

A etapa de pós-colheita tem efeito significativo na composição química dos grãos de café, especialmente em compostos solúveis em água, como açúcares, cafeína, trigonelina e ácidos clorogênicos (MAZZAFERA; PADILHA-PURCINO, 2004; DUARTE et al., 2010).

## 2.4. COMPOSTOS VOLÁTEIS

A composição química dos grãos crus de café, especialmente os compostos nitrogenados, os açúcares e os ácidos clorogênicos são importantes para a qualidade da bebida de café, pois durante a torração, estes dão origem a compostos responsáveis pelo aroma e sabor da bebida de café (FLAMENT, 2002).

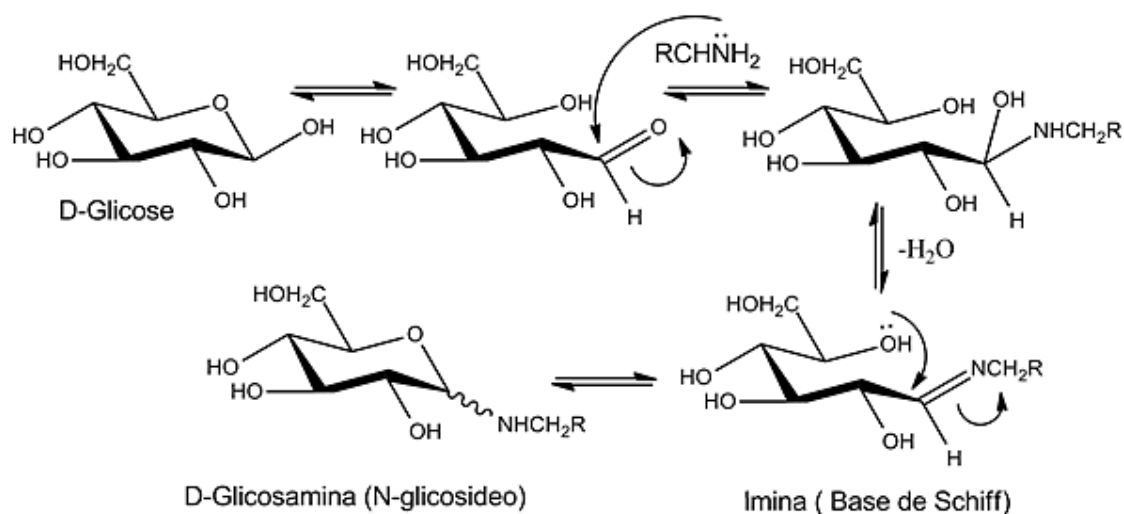
Durante a etapa do processo de torração, a composição química dos grãos crus de café é modificada e centenas de substâncias químicas associadas com o *flavor* e aroma são formadas, envolvendo diversas reações químicas, entre as quais

aparecem reação de Maillard resultando no aroma característico da bebida (NIJSSEN et al., 1996; RIBEIRO et al., 2009; OOSTERVELD; VORANGE; SCHOLZ, 2003).

Reação de Maillard, descoberta pelo bioquímico francês Louis Maillard em 1912, ocorre entre os açúcares redutores que apresentam o grupo carbonila ( $C=O$ ) e agrupamentos amínicos de aminoácidos ou proteínas presentes nos grãos de café, que influencia a cor e sabor do produto final (NURSTEN, 2005; DAVIDEK et al., 2008; CHEVALIER et al., 2001, QIU et al., 2005).

A reação de Maillard ocorre em três estágios: em um primeiro, há a condensação do açúcar redutor com o aminoácido levando a formação de glicosaminas (Base de Schiff) nas quais podem ciclizar levando à formação da glicosamina (Figura 1) (NURSTEN, 2005; DAVIDEK et al., 2008).

Figura 1 - Mecanismo da primeira etapa da reação de Maillard

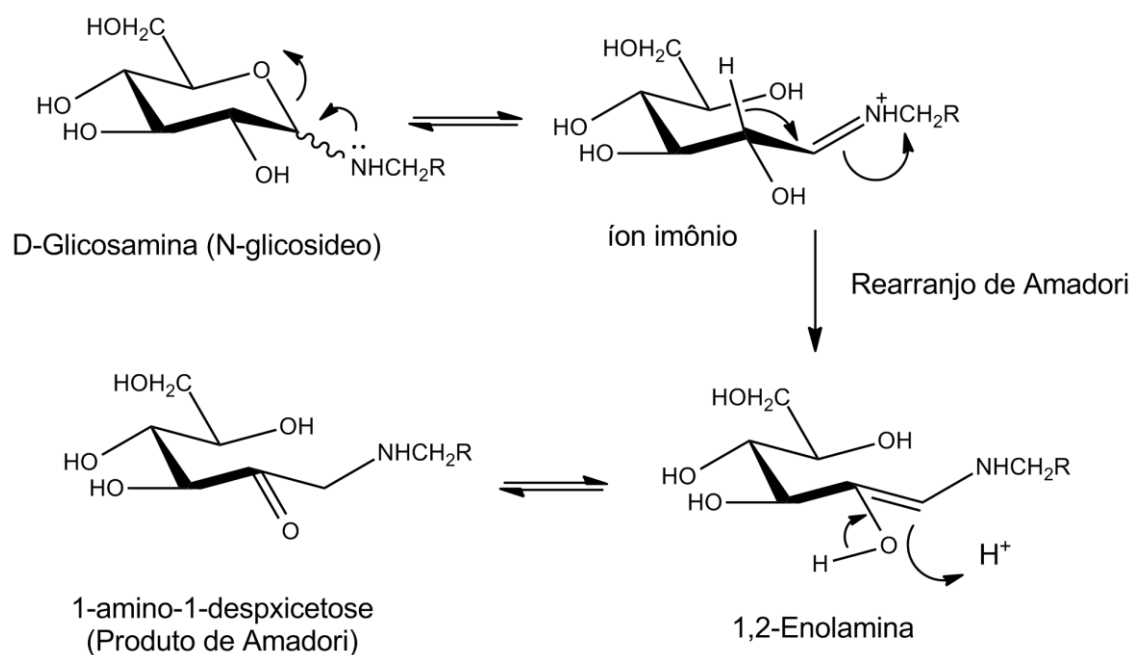


Fonte: NURSTEN (2005); DAVIDEK et al., (2008)

Na segunda etapa da reação de Maillard ocorre o rearranjo de Amadori (Figura 2) (NURSTEN, 2005; LI et al., 2014).



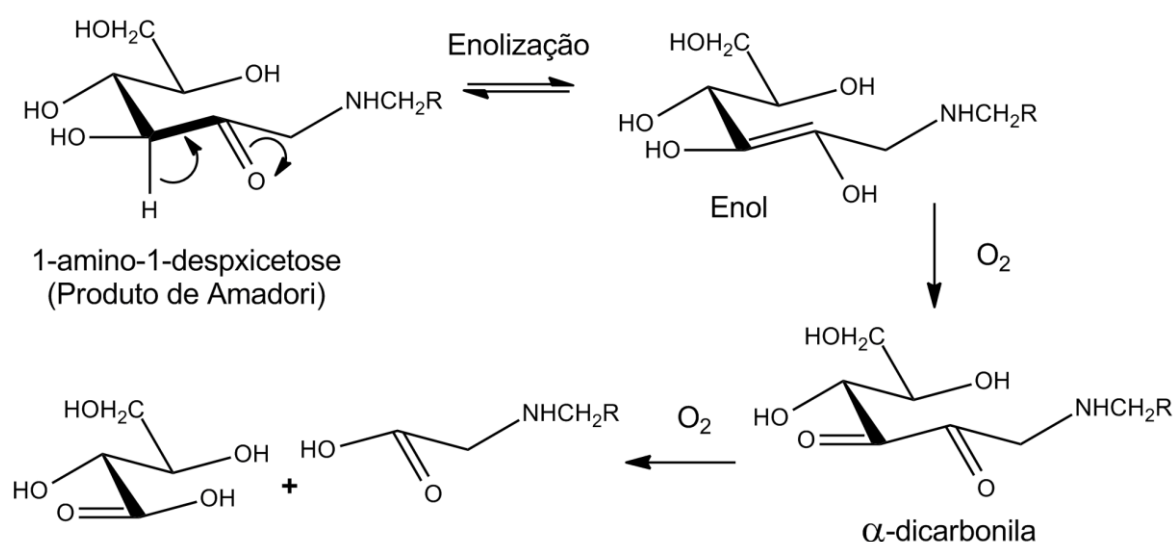
Figura 2 - Mecanismo de formação do Produto de Amadori



Fonte: NURSTEN (2005); LI et al. (2014)

Na etapa final, após a enolização e clivagem oxidativa do produto de Amadori são formados produtos de menor massa molecular a partir do composto  $\alpha$ -dicarbonílico (Figura 3) (NURSTEN, 2005; HALFORD et al., 2010).

Figura 3 - Formação de compostos de menor massa molecular a partir da  $\alpha$ -dicarbonílico

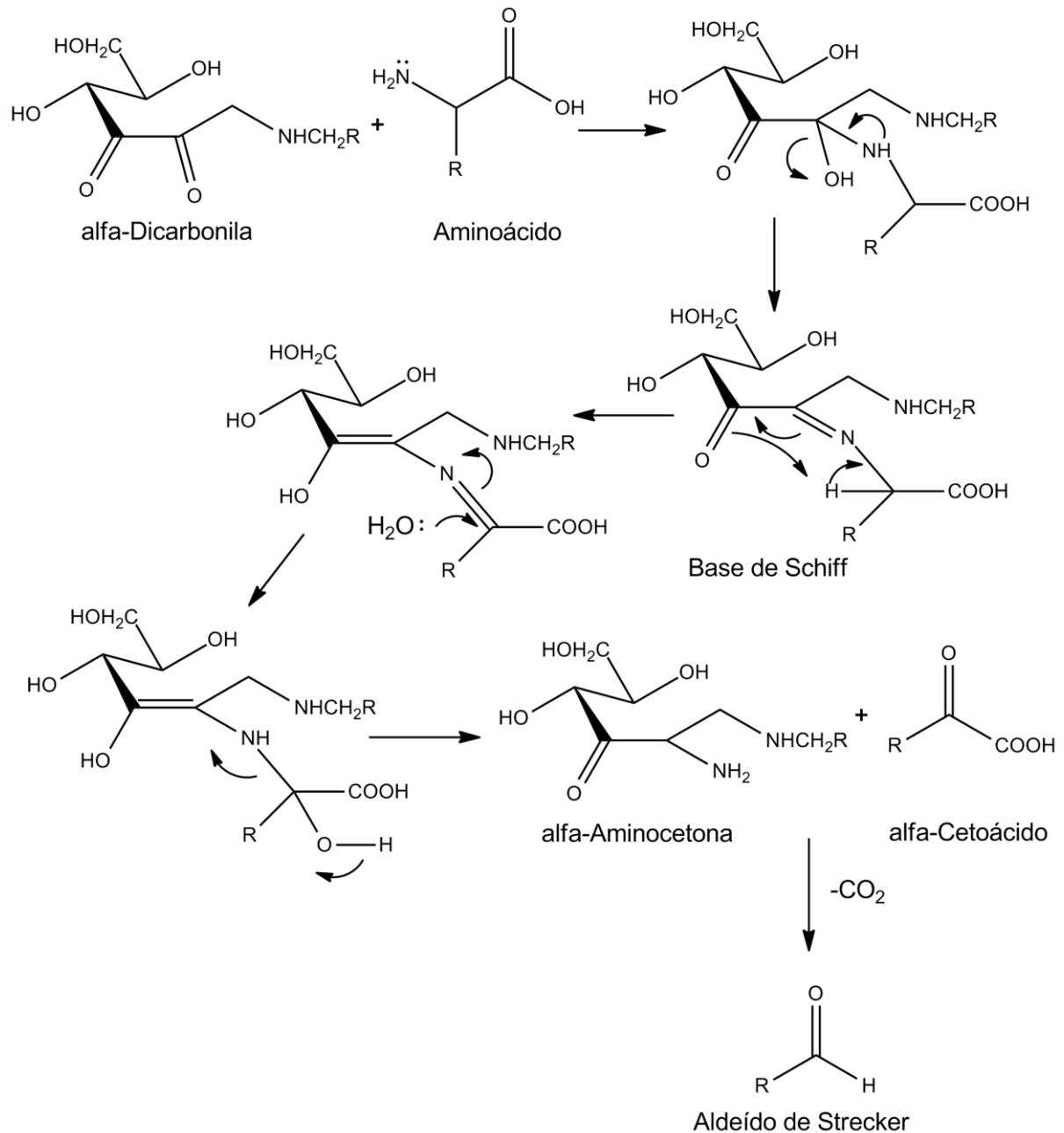


Fonte: NURSTEN (2005); HALFORD et al. (2010)

Os compostos de  $\alpha$ -dicarbonílicos são reativos e dão origem a outros produtos secundários, tais como furanos, pirróis, piridinas e formilpirrol. O composto  $\alpha$ -dicarbonílico formado a partir dos produtos de Amadori podem reagir com grupo

amino de um aminoácido para formar uma base de Schiff (Degradação de Strecker) (Figura 4) (VAN BA et al., 2012).

Figura 4 - Mecanismo da Degradação de Strecker

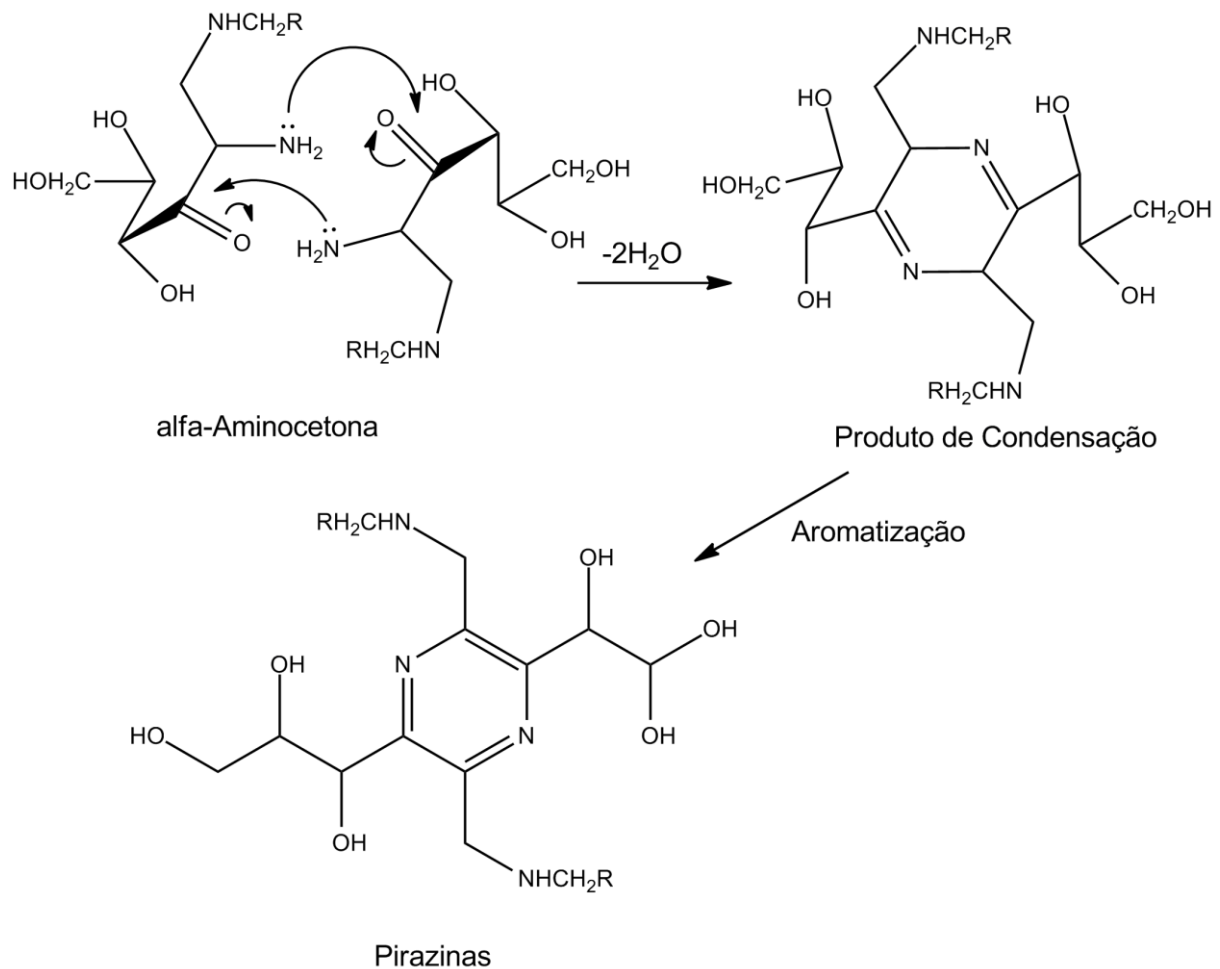


Fonte: VAN BA et al. (2012)

Os aldeídos derivados da degradação de Strecker incluem etanal (aroma frutado e doce), metilpropanal (maltado) e 2-feniletanal (aroma florido/mel), sendo compostos importantes para as características do sabor e aroma de alimentos (MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999).

A condensação de duas moléculas  $\alpha$ -aminocetonas pode produzir derivados de pirazina (Figura 5) que também são compostos aromáticos (MOREIRA; TRUGO; DEMARIA, 1999; NURSTEN, 2005).

Figura 5 - Mecanismo de formação das pirazinas



Fonte: MOREIRA; TRUGO; DEMARIA (1999); NURSTEN (2005)

A reação de Maillard pode seguir por diversas rotas, a depender das condições do meio, como a temperatura, o pH e a composição química dos sistemas (CARABASA; IBARZ, 2000).

O processo de torra é uma das principais etapas para a formação dos constituintes voláteis do café, conforme relatado pela reação de Maillard, pois durante a torração pode ocorrer mudanças desejáveis ou não nos grãos, tais como perda ou a preservação destes constituintes (RODARTE, 2008; RODARTE et al., 2009). Assim, o aroma do café cru e do café torrado é diferente, pois enquanto o café cru apresenta cerca de 300 compostos voláteis diferentes, o café torrado possui cerca de 800 compostos voláteis diferentes (NIJSSEN et al., 1996). No entanto, alguns

compostos que estão presentes no café cru também são encontrados posteriormente no café torrado. De acordo com Flament (2002) e Grosch (2001), dos 300 compostos voláteis detectados no café cru, cerca de 200 ainda estão presentes no café torrado.

A classe de compostos como: furanos, tiofenóis, aldeídos e cetonas são encontrados nos grãos crus, no entanto, após o processo de torrefação, estes são encontrados em maiores quantidades, devido à reação de pirólise de precursores não voláteis presentes no café (GROSCH, 2001).

Tratando-se dos compostos furânicos, dos 140 já identificados, dez deles são considerados marcantes para o aroma do café são os mais encontrados na bebida de café (AKIYAMA et al., 2005; CZERNY; MAYER; GROSCH, 1999; SANZ et al., 2002; TOCI; FARAH, 2014). Dentre eles, furano, 2-furfural, álcool furfúrico, 5-metilfurfural e furfural acetato (ALTAKI; SANTOS; GALCERAN, 2007; LÓPEZ-GALILEA et al., 2006; PETISCA et al., 2014). Entretanto, estes compostos podem contribuir positivamente ou negativamente para as características sensoriais da bebida, e isso vai depender, especificamente, da concentração deles no café torrado (MOREIRA; TRUGO; DEMARIA, 1999; FLAMENT, 2002).

Os furanos são formados, principalmente, pela degradação de glicídios, no entanto, há evidências que alguns furanos podem ser formados pela degradação de terpenos e por polissacarídeos (MOREIRA; TRUGO; DEMARIA, 1999; FLAMENT, 2002).

As pirazinas, assim como os furanos destacam-se por contribuir no impacto odorífico do café torrado. Das pirazinas presentes no café torrado, aproximadamente 100 já foram identificadas, no entanto, apenas algumas são consideradas marcantes para o aroma da bebida de café, tais como: 2-etilpirazina; 2-etil-3,5-dimetilpirazina; 2-etil-5-metilpirazina; 2,3,5-trimetilpirazina; 2-etil-6-metilpirazina; 2-etilpirazina; 2,5dimetilpirazina; 2,6-dimetilpirazina; 2-metilpirazina; 2,3-dimetilpirazina (AKIYAMA et al., 2005; CZERNY; MAYER; GROSCH, 1999; SANZ et al., 2002; TOCI; FARAH, 2014).

Quanto às piridinas, há poucas evidências dessa classe de compostos para a contribuição no aroma do café torrado (MOREIRA; TRUGO; DEMARIA, 1999). Segundo Flament (2002), das 27 piridinas já identificadas, todas são responsáveis por causar aspectos de amargor e adstringência da bebida de café.

As piridinas podem ser formadas pela degradação térmica da trigonelina, pirólise de aminoácidos, degradação de Strecker ou pela reação de Maillard (FLAMENT, 2002).

Dos pirróis, 80 compostos já foram identificados e são conhecidos por apresentar características de aroma doce e levemente queimado (MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999; FLAMENT, 2002).

Os pirróis são formados a partir da reação de Maillard, degradação de Strecker, da pirólise de aminoácidos, degradação de trigonelina ou por reações secundárias entre trigonelina e outros constituintes, como por exemplo, os glicídios (MOREIRA; TRUGO; DEMARIA, 1999; FLAMENT, 2002).

## 2.5. MÉTODO ANALÍTICO PARA ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAFÉ

A Cromatografia é definida pela IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) como um método físico de separação de componentes, nos quais estes são seletivamente distribuídos entre duas fases em que uma é estacionária enquanto a outra é móvel (IUPAC, 2014). Cromatografia tem origem grega (*chroma* = cor+ *graphein* = grafia), criado pelo botânico russo Mikhail S. Tswett no início do século XX no qual desenvolveu diversos trabalhos experimentais com a separação de extratos de plantas por absorção diferencial em colunas, verificando a separação nítida de diversos pigmentos corados, utilizando uma coluna de vidro contendo carbonato de cálcio e o éter de petróleo como solvente (ALVES, 2014). A partir da cromatografia em coluna, a técnica foi evoluindo e já existem diversas técnicas cromatográficas (COLLINS; BRAGA; BONATO, 2006; PACHECO et al., 2015).

A cromatografia gasosa (CG) consiste na separação de gases ou substâncias voláteis e semi-voláteis estáveis termicamente, baseando-se nas diferenças de velocidades dos analitos entre a fase estacionária líquida ou sólida e uma fase móvel gasosa (COLLINS; BRAGA; BONATO, 2006; HOLLER et. al., 2009). O equipamento é composto por injetor, coluna, forno de aquecimento, detector, e os dados obtidos são registrados e analisados no computador, onde gera o cromatograma do analito (PACHECO et al., 2015).

Com a cromatografia gasosa, é possível determinar a atividade, a seletividade, a polaridade, entre outros parâmetros de separação de uma coluna através de testes

específicos, que por meio de operações e relações matemáticas traduzem a natureza das interações intermoleculares entre o analito e a fase estacionária, sendo possível determinar o índice de retenção objetivando auxiliar na identificação dos analitos (CARDOSO; NETO, 1986; NETO;NUNES, 2003; COLLINS; BRAGA; BONATO,2006).

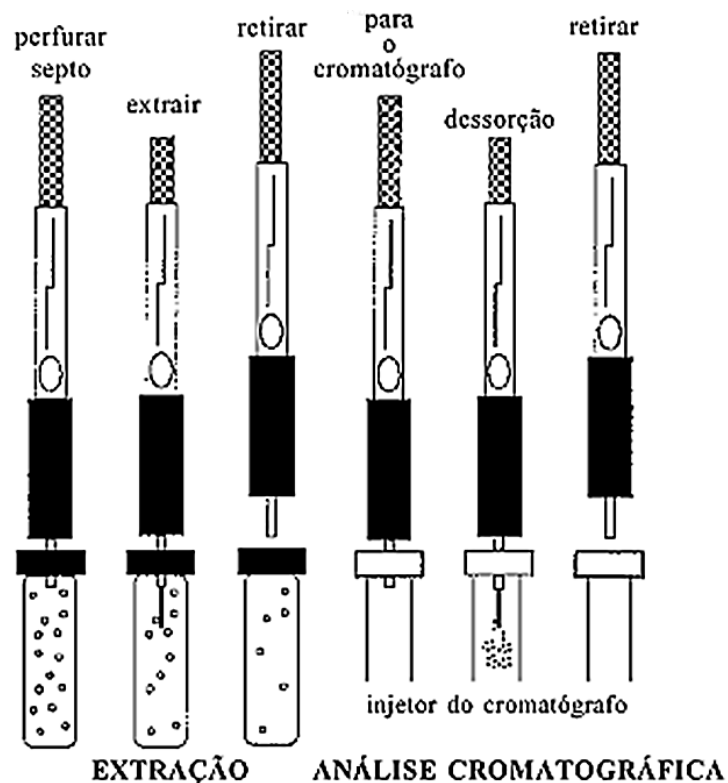
As técnicas cromatográficas em cafés são realizadas desde a década de 80 e uma delas é a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), o qual combina o poder de separação da cromatografia com a capacidade de identificação da espectrometria de massas.

## 2.6. MÉTODO DE EXTRAÇÃO POR MICROEXTRAÇÃO EM FASE SÓLIDA

A técnica de extração por Microextração em Fase Sólida (SPME) desenvolvida em 1990 por Arthur e Pawliszyn (ARTHUR; PAWLISZYN, 1990) vem sendo utilizada em análises de compostos voláteis de café, onde se obtém a vantagem no preparo das amostras sem o uso de solventes orgânicos (PETISCA et al., 2014; VÁRVÖLGYI et al., 2015; BRESSANELLO et al., 2017).

O processo SPME se baseia em equilíbrios simultâneos em sistemas multifásicos, em que os analitos são extraídos em fase gasosa ou líquida por adsorção ou absorção utilizando um revestimento de polímero fino fixado ao sólido da superfície de uma fibra, dentro de uma agulha de injeção ou dentro de um capilar, e então transferida para o instrumento analítico, como é representado na Figura 6 (OSÓRIO, 2012).

Figura 6 - Representação do processo de extração do analito e sua dessorção na análise cromatográfica

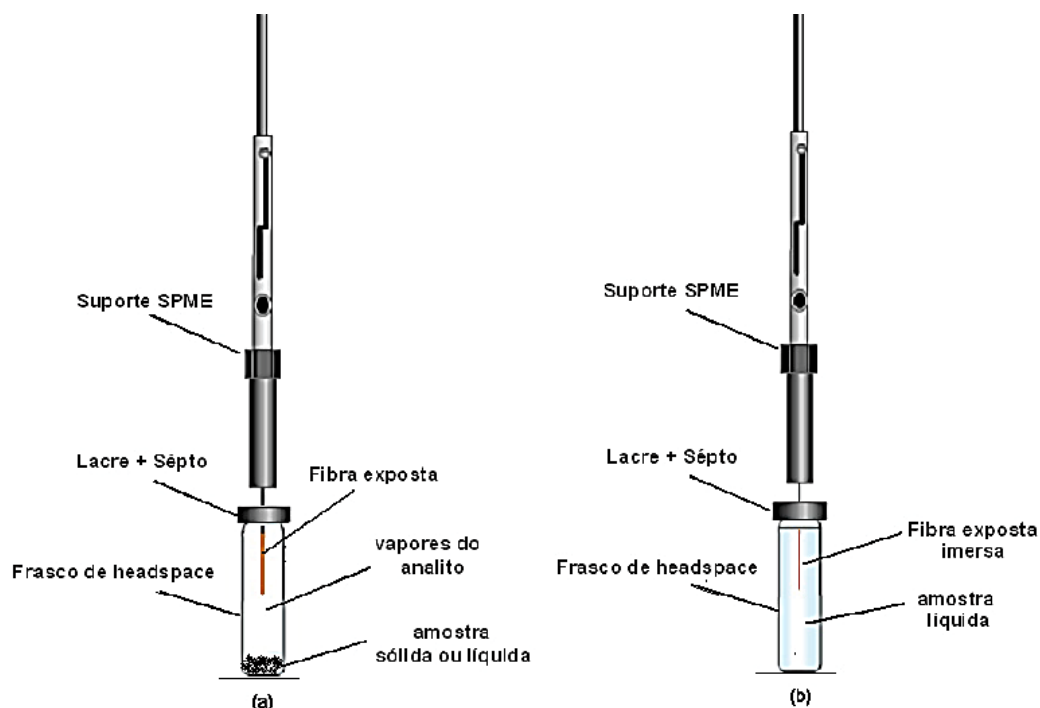


Fonte: OSÓRIO (2012)

Associados as técnicas de CG-EM os compostos podem ser analisados pela combinação entre SPME-CG-EM, onde se obtém os espectros de massas, o qual permite a identificação de compostos químicos por comparação com os existentes na biblioteca do equipamento ou até mesmo pelo cálculo de índice de retenção e injeções de padrões para quantificar as informações (BUDRY et al., 2011; CAPRIOLI et al., 2012; BRESSANELLO et al., 2017).

A extração por Microextração em Fase Sólida pode ser realizada de duas formas, por imersão direta da fibra na amostra, onde ocorre o processo direto de difusão do analito para a fibra ou por *headspace*, onde a fibra permanece exposta no espaço gasoso do frasco, sem contato direto, e assim os voláteis dos analito são extraídos pela fibra conforme representado na Figura 7.

Figura 7 - (a) Extração por SPME no modo *headspace* e (b) Extração por SPME por imersão direta



Fonte: BIAJOLI (2008)

A extração por SPME no modo *headspace* (*HS – SPME*) é indicada para análises de compostos mais voláteis, e a escolha do recobrimento da fibra depende das características químicas do analito, tais como polaridade, volatilidade, eficiência de adsorção/absorção e dessorção (PAWLISZYN, 1997 apud OSÓRIO, 2012). Alguns dos recobrimentos de SPME disponíveis comercialmente estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 - Recobrimentos comercialmente disponíveis para SPME

Recobrimentos poliméricos puros: partição		
Sorvente	df / $\mu\text{m}$	Aplicações típicas
PDMS	70, 30, 100	apolares
Poliacrilato	85	semivoláteis, polares
Dispersões de sólidos porosos em matrizes poliméricas: adsorção		
PDMS / DVB	60, 65	voláteis, nitro / aminas
Carbowax / DVB	65, 70	polares, álcoois
Carbowax / TR <sup>a</sup>	50	surfactantes
Carboxen / PDMS	75, 85	gases, compostos leves
Carbowax / PEG <sup>b</sup>	60	polares
Carbopack-Z	15	gases, compostos leves
DVB / Carboxen / PDMS	50,3	compostos leves, polares

<sup>a</sup> :templatedresin; <sup>b</sup>:poli(etilenoglicol).

Fonte: Adaptado de BIAJOLI (2008)



Assim, a técnica de HS-SPME combinada com CG-EM é uma importante ferramenta para a caracterização da natureza complexa do café torrado, e de acordo com a literatura, já foram identificados mais de 800 compostos voláteis em amostras de café torrado (KIM et al., 2018).

## 2.7. PROPRIEDADES SENSORIAIS

A determinação da qualidade da bebida de café é realizada, mundialmente, pela análise sensorial. Criada na segunda metade do século XX, a análise sensorial é uma ciência relativamente nova, na qual busca padronizar os produtos produzidos (LAWLESS; HEYMANN, 2010).

As metodologias de análise sensorial são realizadas por degustadores treinados, no qual permite por meio das funções de sentido do gosto, olfato e tato a sensibilidade, para perceber a diferença entre as amostras e suas características (MARQUES, 2017). Essa degustação realizada por provadores profissionais é denominada de “prova da xícara”, por meio de Q-Graders.

Para a análise sensorial de cafés da espécie *C. canephora* é utilizado o Protocolo de Degustação de Robustas Finos, no qual as amostras de cafés crus são preparadas e torradas com 24 horas de antecedência, permanecendo em descanso de 8 horas após a torra para a moagem.

O objetivo do Protocolo de Degustação de Robustas Finos é avaliar a qualidade dos 10 importantes atributos para o café: Fragrância/Aroma, Uniformidade, Ausência de Defeitos (Xícara Limpa), Doçura, Sabor, Acidez, Corpo, Finalização, Equilíbrio e Defeitos, nos quais são classificados por uma escala numérica centesimal (PEREIRA et al.; 2016).

A pontuação na escala do Protocolo de Degustação de Robustas Finos tem valor mínimo de zero e valor máximo de dez pontos, e os atributos recebem pontuações conforme a extremidade inferior da escala (Tabela 2).

Tabela 2 - Escala da qualidade do Protocolo de Degustação de Robustas Finos

6,00 -Bom	7,00 -Muito bom	8,00 -Fino	9,00 -Excepcional
6,25	7,25	8,25	9,25
6,50	7,50	8,50	9,50
6,75	7,75	8,75	9,75

Fonte: International Coffee Organization (2010)

Durante a análise sensorial, os defeitos também são avaliados. No entanto, ao contrário dos demais atributos, a presença de defeitos desconta pontos. Assim, o resultado final é calculado somando as pontuações de cada atributo, e o valor correspondente aos defeitos é, então subtraído do atributo denominado Pontuação Total. A Chave dos Resultados (Tabela 3) tem mostrado uma maneira significativa de descrever a qualidade do café para o Resultado Final, no qual cafés com pontuações acima de 80 pontos são considerados “finos” ou “muito finos” (UCDA, 2010).

Tabela 3 - Chave de resultados para descrever a qualidade do café

Pontuação Total	Descrição de Qualidade	Classificação
90-100	Excepcional	Muito Fino
80-89	Fino	Fino
70-79	Muito Bom	Prêmio
60-69	Médio	Boa Qualidade Usual
50-59	Razoável	Boa Qualidade Usual
40-49	Razoável	Comercial
<40		Comercializável
<30		Abaixo da Mínima
<20		Não Classificável
<10		Escolha

Fonte: Adaptado de UCDA (2010)

A seguir, os atributos são descritos de forma mais completa, de acordo com o Protocolo de Degustação de Robustas Finos:

- **Fragrância/aroma:** a nota é atribuída conforme a intensidade e satisfação do olfato sobre os aspectos aromáticos. Os aspectos aromáticos incluem Fragrância Seca (cheiro do café moído ainda seco) e Aroma Molhado (cheiro do café após a infusão com água quente);

- **Sabor:** a nota contabiliza a intensidade, qualidade e complexidade da combinação entre sabor e aroma. A nota atribuída ao sabor, equivale às primeiras impressões, do primeiro Aroma e Gosto até o Retrogosto final. As notas encontradas em robustas finos são: frutas (cereja, groselha, uva, framboesa, figo seco, limão e ameixas secas), nozes (castanha, amêndoa e malte), especiarias (cravo, coentro e pimenta), doce (melado, xarope, caramelo, mel, chocolate, cacau e manteiga);
- **Retrogosto:** definido como a sensação do sabor positivo (qualidade na combinação sabor e aroma que emanam da parte posterior do palato e permanece depois de expelido o café da boca);
- **Salinidade/acidez:** É caracterizado pelo equilíbrio agradável e delicado que provém da acidez e doçura perceptíveis nos cafés *C. canephora*, resultantes da presença de ácidos e açúcares de frutas;
- **Amargor/doçura:** nota atribuída ao equilíbrio relativo entre as sensações de gosto amargo e doce, em que o resultado ótimo corresponde a uma combinação de amargor baixo e doçura alta. O amargo é resultado da cafeína e níveis de potássio presentes no café, enquanto o componente doce é derivado dos ácidos dos frutos, ácido clorogênico e os níveis de açúcares no café;
- **Sensação na boca:** nota atribuída a combinação de peso (peso na língua comparado com água pura) e textura (viscosidade comparada com água pura). A maioria das amostras que pesam na boca podem receber pontuações altas, devido a presença de colóides na bebida. Os colóides são formados a partir dos óleos extraídos do café moído, se coagulam em volta das fibras microfinas dos grãos suspensos na bebida;
- **Equilíbrio:** nota atribuída devido à sinergia dos atributos Sabor, Retrogosto, Sensação na Boca e Relação Amargor/Doçura. Para que haja “equilíbrio” na xícara, os quatro atributos devem complementar-se ou contrastar-se um do outro.

Desde modo, quanto maior a intensidade, sem dispensar o equilíbrio da bebida, mais alta deve ser a pontuação;

- **Uniformidade:** coerência do sabor nas diferentes xícaras de uma mesma amostra. Se o grão apresentar defeitos de sabor em qualquer das xícaras, um gosto diferente poderá surgir nas demais xícaras, pois a inconsistência no sabor do café é um aspecto negativo, e que deve ser distinto a ponto do degustador poder identificar a xícara com defeito com as outras do mesmo grupo. Neste atributo dois pontos são atribuídos para cada xícara uniforme com no máximo 10 pontos se todas apresentarem a mesma uniformidade;
- **Limpeza:** ausência de impressões negativas de defeitos na bebida. O degustador faz um julgamento de cada xícara, dando 2 pontos para cada xícara que esteja isenta de qualquer gosto ou aroma que não seja do café;
- **Conjunto:** pontuação reflete a classificação integrada com base em todos os atributos combinados;
- **Defeitos:** sabores negativos ou pobres, que depreciam a qualidade do café, classificados em duas categorias, defeitos leves (encontra-se nos aspectos aromáticos, pois pode ser notado, mais não domina os demais, no qual recebe pontuação 2 por sua intensidade) e defeitos graves (encontra-se nos aspectos relacionados ao gosto, no qual predomina sobre os demais ou a amostra apresenta um gosto desagradável, e recebe pontuação 4 por sua intensidade). A pontuação do defeito é multiplicada pelo número de xícaras em que ele foi encontrado e subtraído da Pontuação Total;
- **Total de Pontos:** somatório dos dez atributos;
- **Resultado Final:** com o valor atribuído no campo “Total de Pontos” reduz o valor correspondente aos defeitos encontrados nas xícaras para então obter o “Resultado Final”.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A lavoura onde foi realizado o trabalho está localizada na comunidade de Lagoa Seca, interior do município de Alegre, sul do estado do Espírito Santo (20° 52' 07"S e 41° 28' 43"W) com altitude de 647m em relação ao nível do mar e temperatura média anual entre os anos de 2014 e 2016 de 20,85°C.

O campo experimental foi implantado em fevereiro de 2015 com mudas dos 27 genótipos de cafeeiro Conilon das cultivares clonais "Diamante Incaper 8112", "Jequitibá Incaper 8122" e "Centenária Incaper 8132", todas desenvolvidas e lançadas com ênfase na produtividade e qualidade da bebida.

As plantas de cafeeiro Conilon foram implantadas no espaçamento de 3,0 x 1,0 m. Cada planta foi conduzida com três ramos ortotrópicos e com a poda programada de ciclo para o café Conilon.

Foram coletadas 27 amostras de grãos de café da espécie *Coffea canephora* das seguintes cultivares: "Diamante ES8112", "Jequitibá ES8122" e "Centenária ES8132", sendo que cada cultivar é composta pelo agrupamento de nove clones compatíveis com ciclo de maturação precoce, intermediário e tardio, respectivamente (Tabela 4). As coletas dos grãos foram realizadas na colheita de 2018.

#### 3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O campo experimental segue delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições e 27 tratamentos, sendo estes, os 27 genótipos que compõem três cultivares clonais (Tabela 4). As parcelas experimentais foram compostas por seis plantas.

Tabela 4 - Lista dos 27 clones de *C. canephora*

<b>Identificação</b>	<b>Maturação</b>	<b>Cultivar</b>
101	Precoce	Diamante Incaper 8112
102	Precoce	Diamante Incaper 8112
103	Precoce	Diamante Incaper 8112
104	Precoce	Diamante Incaper 8112
105	Precoce	Diamante Incaper 8112
106	Precoce	Diamante Incaper 8112
107	Precoce	Diamante Incaper 8112
108	Precoce	Diamante Incaper 8112
109	Precoce	Diamante Incaper 8112
201	Intermediário	Jequitibá Incaper 8122
202	Intermediário	Jequitibá Incaper 8122
203	Intermediário	Jequitibá Incaper 8122
204	Intermediário	Jequitibá Incaper 8122
205	Intermediário	Jequitibá Incaper 8122
206	Intermediário	Jequitibá Incaper 8122
207	Intermediário	Jequitibá Incaper 8122
208	Intermediário	Jequitibá Incaper 8122
209	Intermediário	Jequitibá Incaper 8122
301	Tardio	Centenária Incaper 8132
302	Tardio	Centenária Incaper 8132
303	Tardio	Centenária Incaper 8132
304	Tardio	Centenária Incaper 8132
305	Tardio	Centenária Incaper 8132
306	Tardio	Centenária Incaper 8132
307	Tardio	Centenária Incaper 8132
308	Tardio	Centenária Incaper 8132
309	Tardio	Centenária Incaper 8132

Fonte: Adaptado de INCAPER (2012)

### 3.3. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento seguiu as tecnologias apropriadas ao manejo do Conilon no estado do Espírito Santo, sempre de acordo com a necessidade e com a atual recomendação para a cultura (FERRÃO et al., 2017). O campo experimental foi manejado com irrigação por gotejamento e a umidade do solo monitorada por tensiômetros, procedendo-se a irrigação todas as vezes em que a tensão de retenção de água no solo correspondeu àquela referente a 70-80% da água disponível, momento em que se realizava a irrigação de modo a retornar a umidade do solo à capacidade de campo.

### 3.4. COLETA DAS AMOSTRAS

Foram coletadas 54 amostras de frutos de café na colheita da safra 2018, sendo duas amostras de frutos de cada genótipo.

A colheita dos frutos foi realizada entre julho a setembro. A retirada dos grãos foi iniciada quando 85% dos frutos atingiam o estágio de Cereja (maduro). Foram colhidos 6 litros de café por tratamento, que foram transportados para a unidade de processamento por via seca. Os frutos foram secos em terreiro onde os grãos ficaram expostos ao sol, sendo revolidos durante o dia para a uniformidade na secagem de modo a alcançar umidade próxima dos 35% (b.u.) e, depois encaminhadas à estufa de circulação forçada de ar até atingir uma umidade próxima a 12%b.u.

Para realização das análises químicas e sensoriais as amostras foram beneficiadas e realizada a catação dos defeitos para depois fazer a torra.

### 3.5. ANÁLISES SENSORIAIS

As análises sensoriais das 54 amostras de café foram realizadas no Laboratório de Análise e Pesquisa em Café – LAPC do Instituto Federal do Espírito Santo, *campus* Venda Nova do Imigrante, por seis julgadores credenciados *Q-Grader* (certificação mundial dada a profissionais de classificação e degustação de cafés). O uso de seis *Q-Graders* em análises sensoriais foi proposto inicialmente por Pereira et al. (2016), tendo como objetivo a redução do processo de subjetividade da análise.

Foram preparadas cinco xícaras de cada amostra dos 27 genótipos para a degustação, respeitando a proporção de 8,25 g de café moído em 150ml de água. O ponto de infusão da água foi entre 92-95°C.

A banca utilizou uma sequência para a degustação das amostras e individualmente registraram as notas e observações. Iniciou-se a avaliação das amostras pela fragrância exalada pelo pó ainda seco. Após a adição da água, as amostras foram avaliadas quanto ao aroma e, em seguida, após a redução da temperatura para aproximadamente 55-60°C, foram degustadas. A bebida foi analisada por sucção, cobrindo-se a maior área da cavidade bucal. Os atributos avaliados foram: Fragrância/Aroma, Sabor, Acidez, Amargor/Doçura, Equilíbrio, Sensação na Boca, Retrogosto, Uniformidade, Limpeza, Conjunto e Nota Global.

### 3.6. ANÁLISES QUÍMICAS: EXTRAÇÃO POR MICROEXTRAÇÃO EM FASE SÓLIDA NO MODO *HEADSPACE*

As análises químicas foram realizadas no Laboratório Central de Analítica do Centro de Ciências Exatas, Saúde e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo – CCENS/UFES.

As amostras de café Conilon após torradas e moídas foram submetidas à extração por microextração em fase sólida no modo *headspace* combinado com cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas.

Pesou-se 1g de café colocados em vial apropriado para *headspace* aquecido a 70°C por 30 minutos. Os compostos voláteis foram extraídos por microextração em fase sólido no modo *headspace* com a fibra DVB/CB/PDMS (Divinilbenzeno/Carbowax/Polidimetilsiloxisano) espessura de 50µm e injetados no cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massas (CG-EM) QP-PLUS-2010 (Shimadzu), coluna capilar coluna Rtx-5MS (30m de comprimento, 0,25µm de espessura e 0,25mm de diâmetro interno).

A temperatura do injetor e do detector foi de 250 °C no modo *Split*. A programação da temperatura: início a 40°C, mantida por 5 min, taxa de crescimento 3°C/min até 125°C, outra taxa de 10°C/3min até 245°C. O espectrômetro de massas foi operado a 70eV, temperatura de interface a 240°C e temperatura da fonte de íons a 250°C. Os índices de retenção foram calculados pela injeção de padrões de alcanos. O gás de arraste utilizado foi o hélio. Total da corrida cromatográfica em 49 minutos por amostra.

Para determinar os constituintes químicos, os espectros de massas foram comparados com os da biblioteca (WILEY7V100) do aparelho.

Utilizou-se para a identificação dos compostos voláteis a mistura de hidrocarbonetos (C<sub>8</sub>-C<sub>23</sub>) injetados nas mesmas condições cromatográficas das amostras, para o cálculo dos índices de *Kovats*.



### 3.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Com os dados obtidos, foram estimadas as correlações lineares de Pearson de cada combinação de variáveis dois a dois, verificando o quanto cada característica contribuiu para análise sensorial das amostras. Os dados também foram submetidos à análise de variância multivariada (MANOVA) para estudo da variação entre os genótipos.

Estimou-se a diversidade genética a partir da matriz de distâncias Euclidianas para os dados da análise sensorial e dos compostos voláteis, utilizando-se dados não padronizados e o método de agrupamento hierárquico *Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages* (UPGMA). Essa análise quando utilizada em estudos de divergência genética, tem como propósito possibilitar a identificação de indivíduos menos dissimilares, apresentando a vantagem adicional de manter o princípio do processo de agrupamento com base na distância Euclidiana. O ponto de corte dos agrupamentos das distâncias foi realizado de acordo com Mojena (1977).

O estudo da diversidade genética possibilita, por meio dessas distâncias, quantificarem a contribuição relativa dos caracteres para a divergência genética utilizando o critério proposto por Singh (1981) baseado na estatística  $S_j$ .

$$D_{ii'}^2 = S'^{\Psi^{-1\delta}} = \sum_{j=1}^v \sum_{j'=1}^v \omega_{jj'} d_j d_{j'}$$

Todas as análises realizadas no presente trabalho foram efetuadas nos softwares e Genes (CRUZ, 2013), R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019) e Rbio (BHERING, 2017).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. CONSTITUINTES VOLÁTEIS

Utilizando a técnica de cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas foram identificados doze compostos voláteis conforme apresentados anexados nas Tabelas 5, 6 e 7. Os compostos de maior predominância encontrados nas três variedades foram: 2-furil-metanol, furfural, 5-metilfurfural, 4-etenil-2-metoxifenol e 2,6-dimetilpirazina.

Foi observado predominância na classe dos furanos com média de 27,26, 34,27 e 20,10 para as cultivares “Diamante”, “Jequitibá” e “Centenária”, respectivamente. Isto demonstra que a formação dos furanos varia de acordo com grau de maturação dos frutos de café.

A classe dos furanos como majoritário no café torrado, indica ganhos significativos para a qualidade das amostras de café, pois compostos pertencentes a estas classes são conhecidos por apresentar como característica sabor doce, frutal, nozes ou caramelo (FLAMENT, 2002).

Da classe dos furanos podemos esperar do composto furfural e seu derivado, o 2-furil-metanol características doce, parecidas com um pão doce, e caramelo (HWANG; CHEN; HO, 2012). Desta forma, a presença destes compostos indica ganhos na qualidade da bebida de café.

Os furanos contribuem consideravelmente para as características sensoriais do café torrado. Semmelroch e Grosch (1996), *apud* Flamente, (2002) identificaram que os compostos voláteis responsáveis por produzir a percepção odorífica de caramelo é proveniente das classes dos furanos.

Estudos realizados por Bragança e colaboradores (2001) observaram que o ciclo de maturação pode ser diferente entre as cultivares clonais, pois, cada estágio de formação do fruto possui funções fisiológicas e metabólicas próprias, sendo assim, essenciais para a formação final do grão de café (LAVIOLA et al., 2007).

O grupo das pirazinas também se destacou, com média de 17,61; 16,57 e 18,36 para as cultivares “Diamante”, “Jequitibá” e “Centenária”, respectivamente (Tabela 5, 6 e 7). Foi identificado 6 pirazinas, predominando a metilpirazina, cuja a formação aumenta com o processo de torra.

As pirazinas identificadas deste estudo apresentam sensorialmente características de aroma doce, o que pode ser interessante para a qualidade da bebida de café.

Na classe das piridinas, o composto identificado foi a piridina, com característica picante e odor penetrante e difuso, lembrando um odor ligeiramente amoniacal (PEREIRA, 2017), configurando um odor desagradável no café torrado.

Os valores dos percentuais em todos os genótipos foram baixos em relação à piridina (Tabela, 5, 6 e 7) e este resultado pode indicar que as propriedades sensoriais deste composto pouco interferirá na qualidade da bebida de café. No entanto, torna-se necessário um estudo mais detalhado das piridinas na fração volátil do café torrado quanto aos seus aspectos sensoriais e suas contribuições para o aroma final da bebida de café.

O composto 4-etnil-2-metoxifenol foi o mais representativo em relação aos demais compostos voláteis nas três variedades (Tabela 5, 6 e 7), e tem seu aroma descrito como fenólico picante.

Esse perfil também foi relatado por outros autores: Cheonge et al. (2013) encontraram como majoritários as classes dos compostos furanos e pirazinas da variedade da espécie *Coffea arabica* de diferentes origens geográficas, enquanto que no trabalho realizado por Rodarte (2008) foi observado que os principais constituintes voláteis, em termos de números de compostos e concentração foram das classes dos furanos, cetonas e pirazinas.

Tabela 5 - Compostos voláteis referentes a cultivar “Diamante Incaper 8112”

Classe	Compostos	% em área em cada genótipo da cultivar “Diamante Incaper 8112”									Média
		101	102	103	104	105	106	107	108	109	
Furanos	furfural	8,19	6,71	6,06	7,17	8,06	7,44	9,42	11,87	8,86	8,19
	2-Furil-metanol	13,07	12,58	13,44	15,55	13,79	12,78	13,32	19,27	13,76	14,17
	5-metilfurfural	4,82	1,28	4,89	5,75	4,87	4,86	5,46	6,47	5,58	4,88
	<b>Subtotal</b>	<b>26,08</b>	<b>20,57</b>	<b>24,39</b>	<b>28,47</b>	<b>26,72</b>	<b>25,08</b>	<b>28,20</b>	<b>37,61</b>	<b>28,20</b>	<b>27,26</b>
Pirazinas	metilpirazina	6,31	6,99	8,28	6,78	7,32	7,07	6,47	7,31	6,21	6,97
	2- etilpirazina	1,41	5,06	1,41	-	1,11	3,24	2,97	3,02	1,2	2,43
	2,5-dimetilpirazina	2,98	1,52	3,97	3,1	3,88	3,45	3,24	3,55	2,66	3,15
	2,6-dimetilpirazina	4,31	3,53	5,62	4,64	4,72	5,04	4,81	4,54	4,1	4,59
	2,3-dimetilpirazina	0,59	3,04	1,38	-	1,23	-	-	-	0,48	1,34
	2- acetil-3metilpirazina	1,64	-	1,55	2,09	2,01	1,54	1,64	0,82	1,63	1,61
	<b>Subtotal</b>	<b>15,60</b>	<b>20,14</b>	<b>20,66</b>	<b>14,52</b>	<b>18,26</b>	<b>18,80</b>	<b>17,49</b>	<b>18,42</b>	<b>14,65</b>	<b>17,61</b>
Piridina	piridina	0,38	0,82	1,34	1,54	1,43	0,89	0,94	1,23	1,04	1,07
	<b>Subtotal</b>	<b>0,38</b>	<b>0,82</b>	<b>1,34</b>	<b>1,54</b>	<b>1,43</b>	<b>0,89</b>	<b>0,94</b>	<b>1,23</b>	<b>1,04</b>	<b>1,07</b>
Fenóis	2-metoxifenol (guaiaicol)	-	1,04	1,09	1,04	0,47	-	0,84	1,4	0,54	0,92
	4-etenil-2-metoxifenol	9,34	8,23	10,68	10,03	11,35	10,16	9,54	21,54	9,96	11,20
	<b>Subtotal</b>	<b>9,34</b>	<b>9,27</b>	<b>11,77</b>	<b>11,07</b>	<b>11,82</b>	<b>10,16</b>	<b>10,38</b>	<b>22,94</b>	<b>10,50</b>	<b>13,24</b>
<b>TOTAL</b>		<b>51,40</b>	<b>50,80</b>	<b>58,16</b>	<b>55,60</b>	<b>58,23</b>	<b>54,93</b>	<b>57,01</b>	<b>80,20</b>	<b>54,39</b>	<b>57,86</b>

Fonte: Obtida pela autora (2019).

Tabela 6 - Compostos voláteis referentes a cultivar “Jequitibá Incaper 8122”

Classe	Compostos	% em área em cada genótipo da cultivar “Jequitibá Incaper 8122”									Média
		201	202	203	204	205	206	207	208	209	
Furanos	furfural	14,86	12,15	14,95	9,41	9,82	8,14	7,98	7,72	7,00	10,22
	2-furil-metanol	22,39	17,07	20,89	15,72	18,61	15,83	17,70	8,88	19,13	17,36
	5-metilfurfural	8,59	6,09	8,04	6,30	6,78	6,39	6,66	5,60	5,75	6,69
	<b>Subtotal</b>	<b>45,84</b>	<b>35,31</b>	<b>43,88</b>	<b>31,43</b>	<b>35,21</b>	<b>30,36</b>	<b>32,34</b>	<b>22,20</b>	<b>31,88</b>	<b>34,27</b>
Pirazinas	metilpirazina	7,01	5,11	6,14	6,37	5,03	6,45	5,25	6,82	5,27	5,94
	2- etilpirazina	-	-	-	2,61	2,37	2,76	2,55	2,99	2,31	2,60
	2,5-dimetilpirazina	2,85	2,26	2,68	3,3	2,66	3,15	2,58	3,75	2,27	2,83
	2,6-dimetilpirazina	4,97	3,42	4,05	4,48	3,08	4,75	2,4	4,91	3,31	3,93
	2,3-dimetilpirazina	-	-	-	0,59	1,03	1,16	1,14	-	-	0,98
	2- acetil-3metilpirazina	1,61	1,13	2,31	1,93	1,57	1,71	1,47	2,17	1,46	1,71
	<b>Subtotal</b>	<b>16,44</b>	<b>11,92</b>	<b>15,18</b>	<b>19,28</b>	<b>15,74</b>	<b>19,98</b>	<b>15,39</b>	<b>20,64</b>	<b>14,62</b>	<b>16,57</b>
Piridina	piridina	-	-	-	1,14	1,55	1,57	1,54	1,16	1,97	1,49
	<b>Subtotal</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1,14</b>	<b>1,55</b>	<b>1,57</b>	<b>1,54</b>	<b>1,16</b>	<b>1,97</b>	<b>1,49</b>
Fenóis	2-metoxifenol (guaiacol)	2,7	1,72	2,14	1,34	1,68	1,53	1,95	1,37	2,7	1,90
	4-etenil-2-metoxifenol	12,26	15,31	19,09	14,94	10,58	14,61	21,42	13,97	17,75	15,55
	<b>Subtotal</b>	<b>14,96</b>	<b>17,03</b>	<b>21,23</b>	<b>16,28</b>	<b>12,26</b>	<b>16,14</b>	<b>23,37</b>	<b>15,34</b>	<b>20,45</b>	<b>17,45</b>
<b>TOTAL</b>		<b>77,24</b>	<b>64,26</b>	<b>80,29</b>	<b>68,13</b>	<b>64,76</b>	<b>68,05</b>	<b>72,64</b>	<b>59,34</b>	<b>68,92</b>	<b>69,29</b>

Fonte: Obtido pela autora (2019)

Tabela 7 - Compostos voláteis referentes a cultivar “Centenária Incaper 8132”

Classe	Compostos	% em área em cada genótipo da cultivar “Centenária Incaper 8132”									Média
		301	302	303	304	305	306	307	308	309	
Furanos	furfural	9,94	10,42	10,48	9,90	7,79	7,17	11,02	8,81	9,07	6,19
	2-furil-metanol	16,63	13,74	18,20	16,63	17,01	13,54	17,69	17,67	15,35	10,64
	5-metilfurfural	8,59	7,31	0,96	2,72	5,43	4,46	7,53	6,26	6,68	3,27
	<b>Subtotal</b>	<b>35,16</b>	<b>31,47</b>	<b>29,64</b>	<b>29,25</b>	<b>30,23</b>	<b>25,17</b>	<b>36,24</b>	<b>32,74</b>	<b>31,10</b>	<b>20,10</b>
Pirazinas	metilpirazina	6,70	5,37	7,32	4,71	5,29	3,62	6,44	6,54	7,88	3,67
	2- etilpirazina	2,98	2,27	3,25	0,99	2,25	1,43	3,07	2,82	3,23	1,46
	2,5-dimetilpirazina	2,91	3,13	3,5	2,38	2,39	1,68	3,49	3,3	3,74	1,78
	2,6-dimetilpirazina	4,84	4,81	4,45	3,36	3,3	2,45	5,41	4,3	5,74	2,58
	2,3-dimetilpirazina	0,6	-	1,3	2,69	-	-	1,32	1,23	1,48	1,44
	2- acetil-3metilpirazina	1,43	2,01	1,56	1,72	1,77	1,6	1,73	1,28	2,15	2,80
	<b>Subtotal</b>	<b>19,46</b>	<b>17,59</b>	<b>21,38</b>	<b>15,85</b>	<b>15,00</b>	<b>10,78</b>	<b>21,46</b>	<b>19,47</b>	<b>24,22</b>	<b>18,36</b>
Piridina	piridina	1,36	0,93	-	0,77	1,11	0,71	1,76	2,5	1,12	1,28
	<b>Subtotal</b>	<b>1,36</b>	<b>0,93</b>	<b>-</b>	<b>0,77</b>	<b>1,11</b>	<b>0,71</b>	<b>1,76</b>	<b>2,5</b>	<b>1,12</b>	<b>1,28</b>
Fenóis	2-metoxifenol (guaiacol)	1,5	1,28	1,41	0,82	1,43	1,3	2,04	2,04	1,83	1,52
	4-etenil-2-metoxifenol	14,48	16,92	18,86	12,71	17,76	17,8	12,11	15,56	20,54	16,30
	<b>Subtotal</b>	<b>15,98</b>	<b>18,20</b>	<b>20,27</b>	<b>13,53</b>	<b>19,19</b>	<b>19,10</b>	<b>14,15</b>	<b>17,60</b>	<b>22,37</b>	<b>17,82</b>
<b>TOTAL</b>		<b>71,96</b>	<b>68,19</b>	<b>71,29</b>	<b>59,4</b>	<b>65,53</b>	<b>55,76</b>	<b>73,61</b>	<b>72,31</b>	<b>78,81</b>	<b>68,54</b>

Fonte: Obtido pela autora (2019)

## 4.2. ANÁLISE SENSORIAL

### 4.2.1. Análise de Correlação

Realizou-se a análise de correlação entre as características sensoriais, com base no coeficiente de correlação de Pearson para os 27 genótipos de cafeeiro Conilon. Vale ressaltar que apenas para a correlação entre Acidez e Fragrância/Aroma houve significância à 5%, as demais foram significativas a 1%.

Todas as características sensoriais da bebida de café, apresentaram correlações positivas significativas. Na variável Nota Global (NG), derivada das demais, a maior correlação foi observada entre Retrogosto (RET) e (NG) de 0,94.

A NG é o resultado do somatório dos atributos sensoriais, e a elevada correlação identificada entre eles pode indicar ganhos indiretos na qualidade sensorial dos demais atributos. Em alguns estudos, apontam a significância destes atributos na qualidade da bebida.

O atributo RET é geralmente a última leitura observada pelos degustadores na avaliação da qualidade do café e define-se como a persistência do sabor, ou seja, é a característica percebida em sequência do paladar o qual permanece depois de expelir o café da boca (PEREIRA, 2017), assim, quanto mais equilibrado na finalização for o café, melhor será a percepção desta variável.

O *flavor* da bebida de café (SAB) é um dos principais atributos utilizados por especialistas para pontuar e relatar a intensidade, qualidade e complexidade da interação entre sabor e aroma (MASI et al., 2013; SCA, 2008). Esta é uma característica da bebida que envolve todas as sensações do paladar, justificando sua elevada correlação com a NG (0,88).

Para Agwanda et al. (2003), o sabor é um critério de preferência para os avaliadores no ganho em qualidade da bebida. Entre os atributos retrogosto e sabor apresentam correlação de (0,87), o que pode ser explicado pelo fato do atributo retrogosto ser definido pela duração do sabor positivo, ou seja, se o sabor possui uma duração mais curta ou até mesmo desagradável ocasionaria em uma pontuação baixa no atributo retrogosto (SCA, 2014; UCDA, 2010).

Dessalegn et al. (2008) em trabalho com grupos de acessos na Etiópia e Kathurima et al. (2009) com acessos do Quênia observaram alta correlação entre os caracteres sensoriais da bebida, assim como Moreira e colaboradores (2015) ao trabalharem com 51 genótipos de *Coffea arabica*, observaram que todas as características sensoriais da bebida tiveram correlações positivas significativas. Embora tenha sido com genótipos e ambientes distintos, os resultados corroboram com os observados neste trabalho.

A variável Amargor/Doçura e Sabor (0,89) assim como Nota Global e Amargor/Doçura (0,87) também apresentaram uma correlação positiva, no entanto a variável doçura não se aplica a este contexto, pois é um atributo aditivo.

Tabela 8 - Correlação linear de Pearson das características da análise sensorial das três variedades clonais

	F/A	SAR	ACZ	A/D	SNB	EQL	CNJ	RET
<b>SAR</b>	0,75**							
<b>ACZ</b>	0,48*	0,69**						
<b>A/D</b>	0,79**	0,89**	0,64**					
<b>SNB</b>	0,55**	0,70**	0,50**	0,62**				
<b>EQL</b>	0,55**	0,71**	0,63**	0,64**	0,68**			
<b>CNJ</b>	0,59**	0,69**	0,50**	0,69**	0,76**	0,69**		
<b>RET</b>	0,77**	0,87**	0,67**	0,79**	0,77**	0,73**	0,78**	
<b>NG</b>	0,81**	0,88**	0,71**	0,87**	0,78**	0,79**	0,83**	0,94**

(\*\*) significativo a 1 e (\*) 5% de significância pelo teste t. F/A: fragrância/aroma; SAR: sabor; ACZ: acidez; A/D: amargor/doçura; SNB: sensação na boca; EQL: equilíbrio; CNJ: conjunto; RET: retrogosto; NG: nota global.

Fonte: Obtido pela autora (2019)

### 4.3. ANÁLISE MULTIVARIADA

#### 4.3.1. Perfil dos compostos voláteis

Objetivando entender a diversidade genética entre os genótipos e a relação com perfil químico foi apresentado na Figura 8 à análise de agrupamento hierárquico.

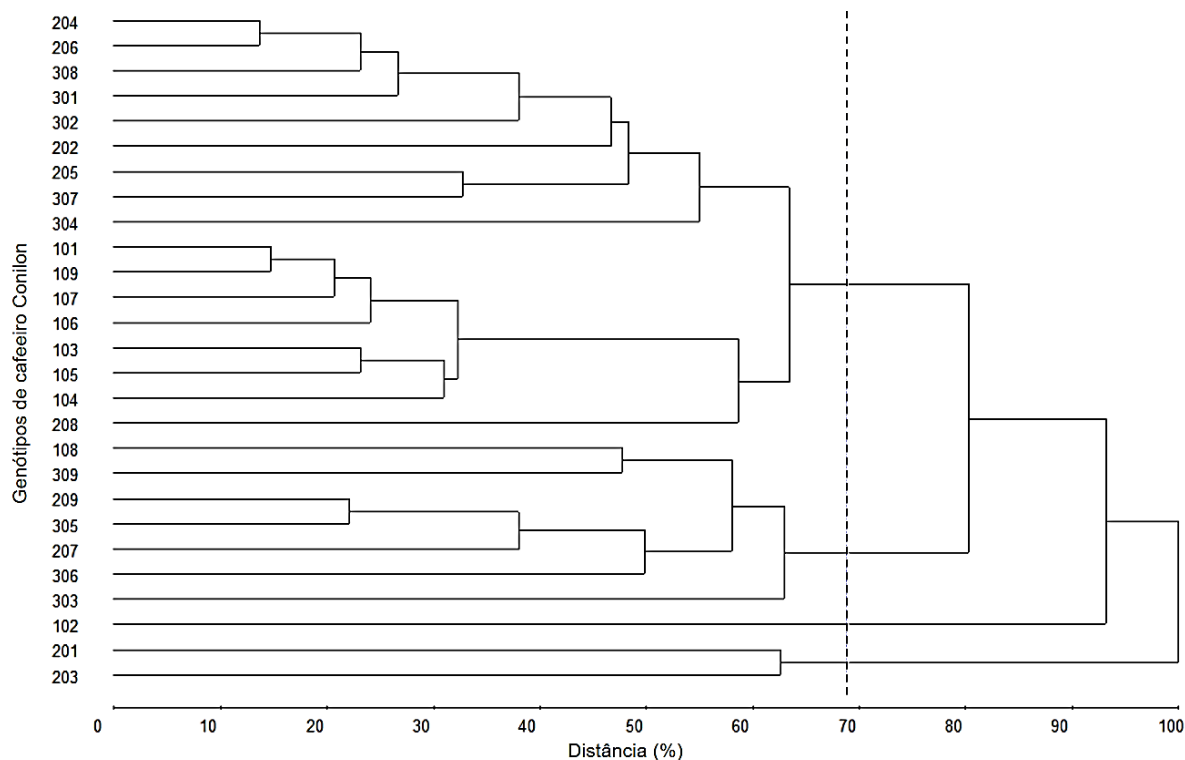
Adotaram-se doze compostos químicos para medida de dissimilaridade entre os genótipos, sendo eles: piridina, metilpirazina, furfural, 2-furil-metanol, 2,5-dimetilpirazina, 2,6- dimetilpirazina, 2-etilpirazina, 2,3- dimetilpirazina, 5-metilfurfural, guaiacol, 4-etenil-2-metoxifenol e 2-acetil-3-metil pirazina.

O Grupo I foi formado pela maioria dos genótipos, reunindo 17 deles (204, 206, 308, 301, 302, 202, 205, 307, 304, 101, 109, 107, 106, 103, 105, 104 e 208), o Grupo II reuniu 7 genótipos (108, 309, 209, 305, 207, 306 e 303), o Grupo III reuniu 1 genótipo (102) e o Grupo IV com 2 genótipos (201 e 203) (Figura 8). O número de



grupos demonstra uma variabilidade entre os genótipos avaliados para o perfil químico dos compostos voláteis contidos nos grãos de café.

Figura 8 - Dendograma obtido da matriz de dissimilaridade (distância euclidiana) entre os genótipos de cafeeiro Conilon e pelo método de agrupamento UPGMA, com base em doze compostos químicos dos grãos de café (ponto de corte: 68,82%)



Fonte: Obtido pela autora (2019)

Pela análise de agrupamento, verifica-se que a maior concentração dos genótipos encontra-se no Grupo I, o que indica que embora haja genótipos com divergência genética entre si, a maioria é similar em relação aos doze compostos químicos, o que segundo Silva et al. (2011) evidencia uma base genética estreita.

No Grupo II, dos 7 genótipos que fazem parte deste grupo, 5 deles pertencem a cultivar “Centenária Incaper 8132”. Nota-se que entre estes, os genótipos que apresentaram as menores concentrações em área para os compostos das classes furanos, pirazinas e fenóis foi o genótipo 306, em contrapartida, o genótipo que apresentou a maior porcentagem em área absoluta foi o genótipo 309 nas classes de furanos e fenóis (Tabela 7). O genótipo pertencente a cultivar “Diamante Incaper 8112” foi o que mais contribuiu em porcentagem de área total dos compostos químicos, com 80,20% (Tabela 5) na formação deste grupo especificamente.

O método de agrupamento demonstrou pela formação dos grupos que os genótipos pertencentes ao Grupo IV apresentam a maior média total de compostos químicos em relação aos demais grupos (77,24% para o genótipo 201 e 80,29% para o genótipo 203, totalizando uma média aritmética de 78,76% em área absoluta), (Tabelas 6), seguido do Grupo II, com média aritmética do total de compostos 73,00%) (Tabelas 5, 6 e 7).

Enquanto que valor da média aritmética mais baixa ocorreu no Grupo I (58,10%) e Grupo III (50,80%) sugerindo que há possíveis semelhanças entre os genótipos de cada grupo em relação aos doze compostos químicos identificados.

É possível que os genótipos 203 e 201 (Grupo IV) tenham formado um grupo isoladamente por apresentarem as maiores porcentagens de área dos compostos furanos (média da variedade igual a 34,27) (Tabela 6), assim como uma das maiores proporções em área absoluta dos compostos, sendo 77,24% em área total para o genótipo 201 e 80,29% em área total para o genótipo 203 (Tabela 6).

O composto 4-etenil-2-metoxifenol foi o que mais contribuiu para a divergência genética entre os genótipos de cafeeiro Conilon (41,57%), seguido pelo 2-Furil-metanol (22,42%) e Furfural (12,98%)(Tabela 9). Certamente o genótipo 102 formou um grupo isoladamente devido apresentar a menor porcentagem de área do composto 4-etenil-2-metoxifenol conforme foi apresentado anteriormente na Tabela 5.

Tabela 9 - Contribuição relativa de doze compostos químicos e atributos sensoriais para divergência genética entre os 27 genótipos de cafeeiro Conilon, baseada na matriz de distâncias euclidianas

Variável	S.j	Valor (%)	Atributos Sensoriais
4-etenil-2-metoxifenol	11269,8	41,57	especiarias/fenólico
2-furil-metanol	6078,74	22,42	doce/ caramelo/ nozes
furfural	3519,92	12,98	amêndoas/ caramelo
5-metilfurfural	2388,66	8,81	doce/ caramelo/ amêndoa/ Frutado
2-etilpirazina	1090,97	4,02	manteiga/torrado
metilpirazina	728,535	2,69	nozes/ chocolate/ torrado
2,6- dimetilpirazina	558,052	2,06	nozes/verde/ torrado
2,3- dimetilpirazina	493,684	1,82	nozes/verde/ torrado
guaiacol	287,154	1,06	especiarias/fenólico
2,5-dimetilpirazina	280,897	1,04	nozes/ gramado/ milho/torrado
piridina	269,725	0,99	adstringente/ amargo/ queimado/torrado
2-acetil-3-metil pirazina	147,281	0,54	batata doce/ nozes

Fonte: Obtido pela autora (2019)

Analisando os compostos relativos à construção do dendograma, observa-se que o composto 4-etenil-2-metoxifenol apresentou a maior contribuição para a formação dos grupos (41,57%).

A formação do composto 4-etenil-2-metoxifenol ocorre por meio da degradação de compostos fenólicos durante o processo de torra, o que gera o aumento na concentração deste com o grau da torra (CZERNY; GROSCH 2000). De acordo com De Maria, Moreira e Trugo(1999), o perfil dos compostos desta classe (fenóis voláteis) apresenta maiores concentrações em espécies *C. canephora* do que na espécie *C. arabica*.

De acordo com a contribuição relativa frente ao composto 4-etenil-2-metoxifenol, os genótipos 108, 207 e 309 (Grupo II) apresentaram os melhores resultados em proporção de área absoluta (Tabela 5 e 7).

A presença de compostos fenólicos voláteis no café apresenta características sensoriais bem variadas. Com o intuito de avaliar o potencial sensorial destes compostos, Clifford (1985) *apud* De Maria, Moreira e Trugo, (1999) determinaram a concentração de alguns fenóis e seus limites de detecção (concentração mínima de uma substância com percepção de algum aroma), e concluíram que os compostos 2-metoxifenol, (guaiacol), assim como o 4-etenil-2-metoxifenol apresentam um perfil

sensorial para o café torrado, mesmo em concentrações elevadas, apresentam relativamente baixos limites de detecção. Este fato corrobora com os dados relativos à análise de correlação de Pearson dos atributos sensoriais das três variedades clonais (Tabela 8), onde a correlação entre Sabor e Fragrância/aroma apresenta correlação positiva (0,75). Esse resultado indica uma ligação entre os compostos químicos com maior potencial sensorial com a intensidade aromática da bebida.

Os genótipos que apresentaram a maior concentração em área absoluta para o composto 4-etenil-2-metoxifenol foram: 108, 207, 209, 303, 305, 306 e 309, todos pertencentes ao Grupo II (Figura 8). Já para o composto 2-metoxifenol os genótipos que apresentaram a maior concentração em área absoluta foram: 103, 201, 209, 307 e 308 (Tabela 5, 6 e 7). Esse resultado pode ser um indicador de qualidade da bebida de café. No entanto, vale ressaltar que um único composto não pode ser considerado um marcador de qualidade para a bebida de café.

O segundo composto que mais colaborou para a divergência genética foi o 2-furil-metanol (22,42%) (Tabela 9). Trabalhos de Cheong et al. (2013); Flament (2002) e Bressanello et al. (2017) descrevem os furanos como sendo formados a partir da degradação térmica dos açúcares durante a pirólise, com atributos doce, frutal, nozes ou caramelo, no entanto, com a introdução de outros grupos funcionais tendem a aumentar a complexidade sensorial (MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999).

Os genótipos com as maiores concentrações em área absoluta para o composto 2-furil-metanol foram: 108, 201, 203, 303, 307 e 308. Esses genótipos, possivelmente, podem apresentar características nuances doce, frutal, nozes ou caramelo, o que pode ser interessante para a qualidade da bebida de café.

O terceiro composto que mais contribuiu para a divergência também se encontra na classe dos furanos, o furfural com 12,98% de contribuição (Tabela 9). É um composto volátil caracterizado pelo aroma doce, caramelo e amêndoa. Ribeiro et al. (2009) destaca o composto furfural como um marcador nos atributos aroma, sabor e qualidade global da bebida de café, o que corrobora com os dados neste trabalho (Tabela 8) onde faz menção a correlação positiva entre Nota Global e Fragrância/aroma e (0,81) e também entre Nota Global e Sabor (0,88).

A melhor proporção em área absoluta dos genótipos em relação aos dois compostos da classe dos furanos que mais contribuíram para a divergência genética (Tabela 9)

foram os genótipos 201 com 14,86% em área para o composto furfural e 22,39% para o composto 2-furilmetanol e 203 com 14,95% em área para o composto furfural e 20,89% para o 2-furilmetanol (Tabela 6), explicando o fato de estarem isolados em um único grupo (Figura 8).

A quantidade de pirazinas no café torrado depende da quantidade de aminoácidos e açúcares no café, e por meio das reações de Maillard e Strecker irão gerar inúmeros compostos desta classe. Neste trabalho foi identificado seis pirazinas, predominando a 2-etilpirazina para a formação dos grupos (4,02%) (Tabela 9), cuja formação aumenta com o progresso da torra. A pirazina, no café torrado apresenta sensorialmente aroma doce, dependendo da concentração (FLAMENT, 2002).

O composto 2-acetil-3-metil pirazina foi o último composto relativo à formação do dendograma, mais não menos importante, e os genótipos com as maiores concentrações em área foram: 104, 206 e 309, ou seja, estes genótipos possivelmente podem apresentar nuance doce, nozes e cereais, o que pode ser interessante para a qualidade da bebida de café.

De acordo com a literatura, em cafés torrados, os compostos das classes dos furanos e pirazinas não são apenas os principais compostos, mais também os principais contribuintes para o aroma do café (AKIYAMA et al., 2005; CZERNY; MAYER; GROSCH, 1999).

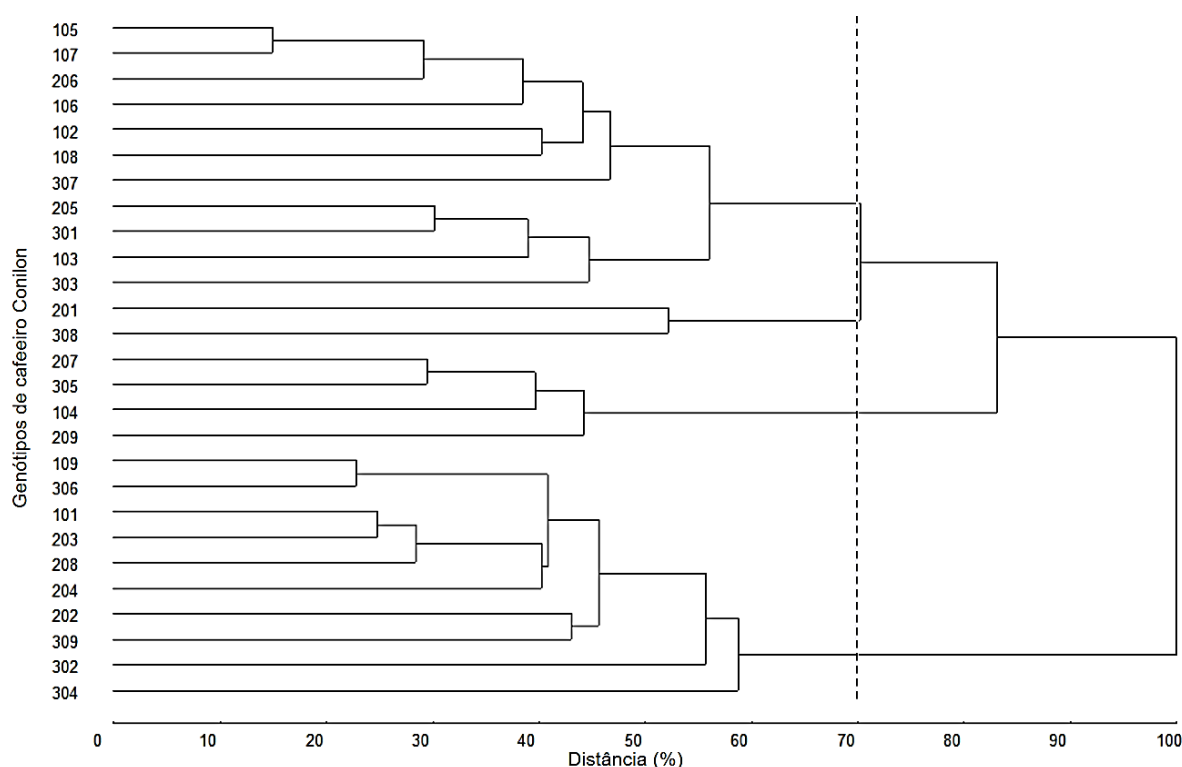
Os genótipos com maiores concentrações em área para a classe dos furanos foram: 108, 201 e 307, enquanto que para as pirazinas, as maiores concentrações foram observadas nos genótipos 102, 208 e 309, ou seja, estes genótipos podem apresentar melhores características para a qualidade da bebida de café.

Desta forma, entre os compostos químicos estudados, 4-etenil-2-metoxifenol, o 2-furil-metanol, o furfural e o 2-etilpirazina foram as mais eficientes em explicar a dissimilaridade entre os genótipos, contribuindo, efetivamente, para o estudo da divergência entre genótipos baseados nos compostos químicos voláteis dos mesmos.

### 4.3.2. Perfil sensorial

Assim como na análise do perfil químico, também foi realizado um estudo buscando compreender a diversidade genética entre os genótipos com base no perfil sensorial da bebida de café (Figura 9).

Figura 9- Dendograma obtido da matriz de dissimilaridade (distância euclidiana) entre os genótipos de cafeeiro Conilon e pelo método de agrupamento UPGMA, com base em oito características sensoriais (ponto de corte: 69,87%)



Fonte: Obtido pela autora (2019)

Este método de agrupamento permitiu a formação de quatro grupos distintos, sendo o Grupo I composto por 11 genótipos (105, 107, 206, 106, 102, 108, 307, 205, 301, 103, 303), o Grupo II composto por 2 genótipos (201 e 308), o Grupo III por 4 genótipos (207, 305, 104 e 209) e o Grupo IV composto por 10 genótipos (109, 306, 101, 203, 208, 204, 202, 309, 302 e 304).

Vale ressaltar que os grupos de genótipos formados com base na dissimilaridade para características sensoriais da bebida, não foram orientados com base nos diferentes ciclos de maturação dos frutos, já que genótipos dos três ciclos integraram o mesmo grupo. Tal constatação indica que os genótipos não foram reunidos nas cultivares por diferenças nas características sensoriais, e sim, pelos

diferentes ciclos de maturação. Essa observação também foi relatada em estudos do crescimento das brotações após o arqueamento da muda destes mesmos 27 genótipos (RODRIGUES et al., 2017).

Pela análise de agrupamento, verifica-se que a maior concentração dos genótipos encontra-se no Grupo I e no Grupo IV, indicando que embora haja genótipos com grande divergência genética entre si, houve o compartilhamento de algo que os associou no mesmo grupo, o que indica menor dissimilaridade entre eles para o perfil sensorial.

E se tratando da qualidade da bebida de café, todos os genótipos apresentam perfil de cafés com classificação Prêmio (70-80 pontos) (UCDA, 2010). Os genótipos pertencentes ao Grupo I possuem valores médios na Nota Global da bebida de café de 76,45 a 78,32 pontos, enquanto que o Grupo II com 77, 80 e 78,78 pontos, o Grupo III de 75,62 a 77,39 pontos e o Grupo IV de 79,35 a 80,04 pontos. Assim observa-se que os genótipos do Grupo III obtiveram as menores Nota Global para a qualidade sensorial, enquanto que os genótipos do Grupo IV alcançaram as maiores notas da bebida.

Tabela 10 - Nota Global para análise sensorial da bebida dos diferentes genótipos de cafeeiro Conilon

“Diamante ES8112”		“Jequitibá ES8122”		“Centenária ES8132”	
Genótipo	Nota Global	Genótipo	Nota Global	Genótipo	Nota Global
101	79,12	201	77,80	301	77,10
102	77,88	202	79,48	302	78,96
103	76,46	203	79,53	303	77,66
104	75,94	204	80,01	304	79,35
105	77,67	205	76,70	305	77,39
106	78,08	206	77,98	306	79,89
107	77,64	207	75,64	307	78,32
108	77,93	208	78,96	308	78,78
109	80,04	209	76,67	309	79,98

Fonte: Obtido pela autora (2019)

A Nota Global é a percepção conjunta de todos os atributos da bebida de café, de aromas e seu grau de intensidade, ou seja, quanto mais aromático a bebida melhor a qualidade do café.

Pela análise de agrupamento observa-se que dos 10 genótipos pertencentes ao Grupo IV, 8 deles (101, 109, 202, 203, 204, 304, 306 e 309) apresentaram as maiores Notas Globais que variam de 79,12 a 80,04 pontos (Tabela 10). Essas

maiores notas podem estar diretamente relacionadas com o perfil sensorial, pois os genótipos com as maiores notas se agruparam no mesmo grupo.

Enquanto que os genótipos 104 (75,94 pontos) e 207 (75,64 pontos) apresentaram as menores Notas Globais em relação aos demais. Estes genótipos também integraram o mesmo grupo (Grupo III), certamente por também apresentarem semelhanças em seu perfil sensorial.

Analisando a importância dos caracteres para a divergência genética observa-se que a contribuição dos caracteres para dissimilaridade genética entre as características sensoriais foi relativamente bem distribuída, variando de 6,42 a 20,20% (Tabela 11).

Tabela 6 - Contribuição relativa (SINGH, 1981) de oito variáveis de qualidade sensorial para divergência genética entre os 27 genótipos de cafeeiro Conilon, baseada na matriz de distâncias euclidianas

Variável	S.j	Valor (%)
sabor	48,166	20,20
sensação na boca	39,289	16,47
amargor/doçura	38,951	16,33
retrogosto	33,471	14,03
fragrância/aroma	25,105	10,53
conjunto	19,332	8,11
acidez	18,859	7,91
equilíbrio	15,298	6,42

Fonte: Obtido pela autora (2019)

As variáveis que mais contribuíram para a divergência genética foram: Sabor (20,20%), Sensação na Boca (16,47%), Amargor/doçura (16,33%), Retrogosto (14,03%) e Fragrância/aroma (10,53%), sendo estas as principais determinantes na quantificação da divergência genética, o que configura a importância destes atributos neste tipo de estudo.

O sabor é o principal atributo utilizado para definir a qualidade do café, além de serem dos atributos sensoriais mais complexos de ser definido e entendido (PEREIRA, 2017), e isso se relaciona com o perfil da torra dos grãos café, pois diferentes compostos químicos podem ser formados a depender do grau e intensidade da torra (GLOESS et al., 2014).



O método utilizado, baseado na dissimilaridade, considera de menor importância as características que expressam menor variabilidade, sugerindo assim descartá-las. No entanto, como as contribuições relativas dos valores nos demais caracteres são bem próximas (Tabela 11), não se considera prudente descartar nenhuma das características. De acordo com Figueiredo (2010), na avaliação de cafés de qualidade, não só a Nota Global da bebida é importante, mas também as pontuações obtidas em cada um dos atributos que compõem a qualidade global do café, especialmente quando se leva em consideração a importância destas na seleção de genótipos. Por esse motivo, a Nota Global não foi utilizada no estudo da divergência genética entre os genótipos de Conilon, uma vez que é oriundo do somatório das demais características, o que acarretaria a maior parte da contribuição relativa para si.

## 5. CONCLUSÕES

As análises por cromatografia gasosa acoplada ao espectro de massas indicaram uma composição da fração volátil do café similar entre os genótipos com diferença nas suas concentrações (em área absoluta). Foi possível identificar o perfil de compostos voláteis para o aroma da bebida de café, nos 27 genótipos de *C.canephora*.

Existe variabilidade genética entre os 27 genótipos de *C.canephora* para as características sensoriais avaliadas e para os compostos voláteis identificados.

Os caracteres sensoriais de Sabor, Sensação na Boca, Amargor/doçura, Retrogosto e Fragrância/aroma; e os compostos 4-etenil-2-metoxifenol, 2-furil-metanol e furfural, foram os que mais contribuíram para a divergência genética entre os 27 genótipos das três cultivares.

Os 27 genótipos da espécie *C. canephora* manifestaram bebida com caracteres sensoriais semelhantes, classificadas como bebida Prêmio.

## REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, S. A.; PEREIRA, R. G. F. A.; DUARTE, S. M. S.; LIMA, A. R.; ALVARENGA, D. J.; FERREIRA, E. B. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.2, p.414-420, 2010.
- AGUIAR, A. T. E.; FAZUOLI, L. C.; SALVA, T. J. G.; FAVARIN, J. L. Diversidade química de cafeeiros na espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p.577-582, 2005.
- AGUIAR, A. T. E. **Descritores para caracterização de cultivares e linhagens de café tipo arábica**. 2001. 98p. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- AGRESTI, P. D. C. M.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; AUGUSTI, R. Discrimination between defective and non-defective Brazilian coffee beans by their volatile profile. **Food Chemistry**, Washington, v. 106, n. 2, p. 787-796, 2008.
- AGWANDA, C.O; BARADAT, P.; ESKES, A.B.; CILAS, C.; CHARRIER, A. Selection for bean and liquor qualities within related hybrids of *arabica* coffee in multilocal field trials. **Euphytica**, v.131, p. 1-14, 2003.
- AKIYAMA, M.; MURAKAMI, K.; IKEDA, M.; IWATSUKI, K.; KOKUBO, S.; WADA, A.; TOKUNO, K.; ONISHI, M.; IWABUCHI, H.; TANAKA, K. Characterization of flavor compounds released during grinding of roasted robusta coffee beans. **Food Science and Technology Research**, Switzerland, v. 11, n. 3, p. 298-307, 2005
- ALCÁZAR, A.; CÁCERES-FERNANDEZ, C. P. L.; MARTÍNEZ, M. J.; GONZÁLEZ, A. G. Ion chromatographic determination of some organic acids, chloride and phosphate in coffee and tea. **Talanta**, Amsterdam, v.61, n.1, p. 95-101, 2003.
- ALMEIDA, H. S.; TOLEDO, J. C. **Qualidade Total do Produto**. Produção, v. 2, n.1, p. 21-37, 1991.

ALVARENGA, S. T. **Caracterização química e sensorial de cafés especiais do sul de Minas Gerais**. 2017. 120p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

ALVES, B. H. P. **Análise química do aroma e da bebida de cafés de Minas Gerais e Espírito Santo em diferentes graus de torra**. 2012. 143p. Tese (Doutorado em Ciência Química) – Programa de Pós-Graduação Multi- Institucional em Química, UFG-UFMS-UFU. Uberlândia, 2012.

ALVES, S. I. C. **Validação de um método analítico para a identificação de ácidos gordos voláteis em águas intersticiais de sedimentos marinhos por spme-gc-ms**. 2014. 58p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade de Lisboa. Lisboa, 2014.

ALTAKI, M.; SANTOS, F.; GALCERAN, T. Analysis of furan in foods by headspace solid-phase microextraction – gas chromatography– ion trap mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1146, p. 103-109, 2007.

ANDROCIOLI, A. LIMA, F. B. TRENTO, E. J; CARNEIRO, F; CARAMORI, P. H; SCHOLZ, M. B. S. Caracterização da qualidade de bebida dos cafés produzidos em diversas regiões do Paraná. In: SIMPÓSIO DA PESQUISA DE CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2003. p. 256-257.

ANGÉLICO, C. L.; PIMENTA, C. J.; CHALFOUN, S. M.; CHAGAS, S. J. R. Diferentes estágios de maturação e tempos de ensacamento sobre a qualidade do café. **Coffee Science**.Lavras, v. 6, n. 1, p. 8-19. 2011.

ARTHUR, C. L.; PAWLISZYN. J. Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers. Anal. **Analytical Chemistry**, 1990. v. 62, p. 2145-2148.

AVELINO, J. BARBOSA, B.; ARAYA, J. C.; FONSECA, C.; DAVRIEUX, F.; GUYOT, B.; CILAS, C. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 8, n. 11, p. 1869-1876, 2005.

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. **Bertrand Brasil**, 10ed. Rio de Janeiro, 2004, 332p.

BABOVA, O. OCCHIPINTI, A. MAFFEI, M. E. Chemical partition in gandranti oxidant capacity of green coffee (*Coffea arabica* and *Coffea canephora*) of different geographical origin. **Phytochemistry**, v. 123, p. 33-39, 2016.

BALZER, H. H. **Acids in coffe**. In: Coffe Recent Developments; Clarke, R.J., Vitzthum, O. G., Eds.; Backwell Science: Belim, p. 18, 2001,.

BIAJOLI, A. F. P. **Fibras para SPME (microextração em fase sólida) recobertas com novos ormosils sol-gel**. 2008. 63p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 2008.

BARBOSA, J. N. BORÉM, F. M.; CIRILLO, M. A.; MALTA, M. R.; ALVARENGA, A. A.; ALVES, H. M. R. Coffee Quality and Its Interactions with Environmental Factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**. Lavras, v. 4, n. 5, p. 181-190, 2012.

BERTRAND, B.; BOULANGER, R.; DUSSERT, S.; RIBEYRE, F.; BERTHIOT, L.; DESCROIX, F.; JOËT, T. Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee bean as well as coffee beverage quality. **Food Chemistry**, v. 135, p. 2575-2583, 2012.

BENITEZ, L. C.; RODRIGUES I. C. S; ARGE, L. W. P.; RIBEIRO, M. V.; BRAGA, E. J. B. Análise multivariada da divergência genética de genótipos de arroz sob estresse salino durante a fase vegetativa. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 409-416, 2011.

BHERING, L. L. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 187-190, 2017.

BITANCOURT, A. A. O tratamento das cerejas de café para melhorar a bebida. **O Biológico**, São Paulo, v. 23, n.1, p. 1-11, 1957.

BORÉM, F. M.; CORADI, P. C.; SAATH, R.; OLIVEIRA, J. A. Quality of natural and washed coffee after drying on ground and with high temperature. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1609-1615, 2008.

BRAGANÇA, S. M.; CARVALHO, C. H. S.; FONSECA, A. F. A.; FERRÃO, R. G.; SILVEIRA, J. S. M. 'Emcapa 8111', 'Emcapa 8121', 'Emcapa 8131': primeiras variedades clonais de café conilon lançadas para o Espírito Santo. Vitória, ES: Emcapa, 1993, 2p.

BRAGANÇA, S. M., CARVALHO, C. D., FONSECA, A. D., & FERRÃO, R. G. Variedades clonais de café Conilon para o Estado do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 765-770, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Política Agrícola. **Café no Brasil**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeiculturabrasileira>>. Acessado em: 20 de junho de 2018.

BRESSANELLO, D.; CORDERO, C.; RUBIOLO, P.; BICCHI, C.; LIBERTO, E.; PELLEGRINO, G.; RUOSI, M. R. Coffee aroma: Chemometric comparison of the chemical information provided by three different samplings combined with GC-MS to describe the sensory properties in cup. **Food Chemistry**, v.214, p. 218-226, 2017.

BUDRYN, G.; NEBESNY, E.; KULA, J.; KRYSIAK, W.; MAJDA, T. HS-SPME/GC/MS Profiles of Convectively and Microwave Roasted Ivory Coast Robusta Coffee Brews. **Czech Journal of Food Science**, v.29, n.2, p.151-160, 2011.

CARABASA, M. G.; IBARZ, A. R. Kinetics of colour development in aqueous glucose systems at high temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 44, p. 181-189, 2000.

CARVALHO, A. C.; CARVALHO, D. F.; FIGUEIRAS, G. C.; ARAÚJO, A. C. S.; CARVALHOS, A. V. Panorama e importância econômica do café no mercado internacional de commodities agrícolas: uma análise espectral. **Agroecossistemas**, v.9, n. 2, p. 223-222, 2017.

CASTOLDI, G.; CASTOLDI, G. Pré-processamento e secagem do café. **Varia Scientia Agrárias**, Cascavel, v. 03, n. 02, p. 175-193, 2013.

CAPRIOLI, G.; CORTESE, M.; CRISTALLI, G.; MAGGI, F.; ODELLO, L.; RICCIUTELLI, M.; SAGRATINI, G.; SIROCCHI, V.; TOMASSONI, G.; VITTORI, S. Optimization of espresso machine parameters through the analysis of coffee odorants by HS-SPME-GC/MS. **Food Chemistry**, v 135, n.3, p.1127-1133, 2012.

CAPRIOLI, G.; CORTEZE, M.; CRISTALLI, G.; MAGGI, F.; RICCIUTELLI, M.; SAGRANTINI, G.; SIROCCHI, V.; TOMASSONI, G.; VITTORI, S. Optimization of espresso machine parameters through the analysis of coffee odorants by HS-SPME-GC/MS. **Food Chemistry**, v. 135, n.3, p.1127-1133, 2012.

COLLINS, C.H.; BRAGA, G.L.; BONATO, P.S. **Fundamentos de Cromatografia**. Editora: UNICAMP, Campinas, 2006.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Levantamento de safras, Janeiro. 2019. Disponível em:<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>.

CHALFOUN, S.M.; FERNANDES, A.P. Processamento Efeitos da fermentação na qualidade da bebida do café. **Visão Agrícola**, n. 12, 2013.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. **Principles and methods in coffee plant breeding: Coffea canephora Pierre**. In: CLARKE, R.J. & MACRAE, R., v. 4, Agronomy. London, Elsevier, 1987. p.167-197.

CHEONG, M. W.; TONG, K. H.; ONG, J. M.; LIU, Q.; CURRAN, P.; YU, B. Volatile composition and antioxidant capacity of Arabica coffee. **Food Research International**, Amsterdam, v. 51, p. 388-396, 2013.

CHEVALIER, F.; CHOBERT, J.; POPINEAU, Y.; NICOLAS, M.G; HAERTLÉ, T. Improvement of functional properties of b-lactoglobulinglycated through the Maillard reaction is related to the nature of the sugar. **International Dairy Journal**, v. 11, p. 145-152, 2001.

CLEMENTE, A. da C. S.; CIRILLO, M. A.; MALTA, M. R.; CAIXETA, F. Post-harvest operations and physicochemical and sensory quality of coffees. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 233-241, 2015.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C.D., CARVALHO, S.P., VENCovsky, R. Estudos sobre divergência genética. II. **Eficiência da predição do comportamento de híbridos com base na divergência genética de progenitores**. **Revista Ceres**, v.41, n. 234, p.183-190, 1994.

CZERNY, M.; MAYER, F.; GROSCH, W. Sensory study on the character impact odorants of roasted Arabica coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 47, p. 695-699, 1999.

DALVI, L. P.; SAKIYAMA, N. S.; SILVA, F. A. P.; TOMAZ, M. A.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N. **Produção de café de qualidade: classificação, colheita e pós-colheita**. Alegre: Editora CAUFES, 2019. 40p.

DaMATTA, F. M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2004.

DAVIS, A. P.; GOVAERTS, R.; BRIDSON, D. M.; STOFFELEN, P. An annotated taxonomic conspectus of the genus *Coffea* (Rubiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 152, n. 4, p. 465-512, 2006.

DAVIS, A. P.; TOSH, J.; RCH, N.; FAYFLS, M. F. Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 167, n. 4, p. 357-377, 2011.

DAVIDEK, T.; GOUÉZEC, E.; DEVAUD, S.; BLANK, I. Origin and yields of acetic acid in pentose-based Maillard reaction systems. **Annals of the New York Academy of Sciences**, n.1, p.241-243, 2008.

DeMARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C. Volatile components in roasted coffee. Part I: heterocyclic compounds. **Química Nova**, 1999.

DeMELO, P. G. V.; SOCCOL V. T.; PANDEY, A.; MEDEIROS, A. B.; ANDRADE, L. J. M.; GOLLO, A. L.; SOCCOL, C. R. Isolation, selection and evaluation of yeasts for use in fermentation of coffee beans by the wet process. **International journal of food microbiology**, v. 188, p. 60-66, 2014.

DESSALEGN, Y.; LABUSCHAGNE, M. T.; OSTHOFF, G.; HERSELMAN, L. Genetic diversity and correlation of bean caffeine content with cup quality and green bean physical characteristics in coffee (*Coffea arabica* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, n. 88, p. 1726-1730, 2008.

DONZELES, S. M. L. Uma boa pós-colheita é segredo da qualidade. **Lavoura**, n. 688, p. 12-21, 2012.

DUARTE, G. S.; PEREIRA, A. A.; FARAH, A. Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post harvesting methods. **Food Chemistry, Oxford**, v. 118, n. 3, p. 851-855, 2010.



BUDRYN, G., NEBESNY, E., KULA, J., MAJDA, T. AND KRYSLAK, W. HSSPMJME/GC/MS profiles of convectively and microwave roasted Ivory Coast Robusta Coffee brews. **Czech Journal of Food Science**, v.29, n.2, p.151-160, 2011.

FAGAN, E. B.; SOUZA, C. H. E.; PEREIRA, N. M. B.; MACHADO, V. J. Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffeasp*) na qualidade da bebida. **Review Article Bioscience Journal**, v. 27, n. 5, p. 729-738, 2011.

FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 23-36, 2006.

FASSIO, L. H.; SILVA, A. E. S.Importância econômica e social do café conilon.In: FERRÃO, R. G. et al. (Ed.). **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 37-49.

FASSIO, L. de O.; MALTA, M. R.; CARVALHO, G. R.; LISKA, G. R.; LIMA, P. M. de P.; JOSÉ, C. Sensory Description of Cultivars (*Coffea arabica*L.) Resistant to Rust and Its Correlation with Caffeine, Trigonelline, and Chlorogenic Acid Compounds. **Beverages**, v. 2, n. 1, p. 1, 2016.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; BRAGANÇA. S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. 702p.

FERRÃO, M. A. G.; SILVA, A. E. S.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.da.No ES, cafeicultura responde por 43% da produção agrícola. **Visão Agrícola**, n. 12, 2013.

FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.; de MUNER, L. H.*Coffea canephora*.In: FERRÃO, R. G. et al. 2ª ed. **Café conilon**. Vitória: Incaper Café Conilon, 2017a, p. 37-53.

FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.; de MUNER, L. H.**Conilon Coffee,3ª edition updated and expanded**.Vitória: Incaper,2019. 974p

FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S. Origem, Dispersão Geográfica, Taxonomia e Diversidade Genética de *Coffea canephora*. In: FERRÃO, R. G. et al. 2ªed. **Café conilon**. Vitória: Incaper Café Conilon, 2017b, p. 81-101.

FILHO, T. L.; DELLA LUCIA; S. M.; SARAIVA, S. H.; SARTORI, M. A. Composição físico-química e qualidade sensorial de café conilon produzido no estado do Espírito Santo e submetido a diferentes formas de processamento. **Semana: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1723-1730, 2013.

FLAMENT, I. **Coffee Flavor Chemistry**. New York: John Wiley and Sons, Ltd., 2002.

FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; MENDONÇA, J. C. F.; SILVA, X. A. Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. **Food Chemistry**, v. 90, p. 89–94, 2005.

FONSECA, A.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D.; SAKAIYAMA, N. S.; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; BRAGANÇA, S. M. Divergência genética em café conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 41, n. 4, 2006.

GROSCH, W. Volatile Compounds. In: CLARKE, R. J.; VITZTHUM, O. G. **Coffee: recent developments**. Oxford: Blackwell Science Ltd, 2001, p. 6885.

Guyot B.; Gueule D.; Manez J. C.; Perriot J. J.; Giron J.; Villain L. Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés Arabica. **Plantations Recherche Développement**, Elmosford, v.3, n.4, p. 272-280, 1996.

HALFORD, N.; CURTIS, T. Y.; MUTTUCUMARU, N.; POSTLES, J.; MOTTRAM, D. S. Sugars in crop plants. **Annals of Applied Biology**, v. 158, n. 1, p. 1-25, 2010.

HOLLER, F. J.; SKOOG, D. A.; CROUCH, S. R. **Princípios de Análise Instrumental**. 6ª ed. tradução PASQUINI, C.; ROHWEDDER, J. J. R.; RAIMUNDO Jr, I. M.; CADORE, S.; JARDIM, I. C. S. F. Porto Alegre: Bookman, sec. v, cap. 26-27, p. 775-829, 2009.

**INCAPER.** Café sustentável. **Incaper em revista**, v. 1, n. 1, p. 50-51, 2012.

ISQUIERDO, E. P.; BORÉN, F. M.; OLIVEIRA, P. D. de; SIQUEIRA, V. C.; ALVES, G. E. Quality of natural coffee subjected to different rest periods during the drying process. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 36, n. 4, p. 439-445, 2012.

JOËT, T.; LAFFARGUE, A.; DOULBEAU, S.; BERTRAND, B.; DEKOCKO, A.; DUSSERT, S.; DESCRIOX, F. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. **Food Chemistry**. v. 118, p. 693-701, 2010.

KATHURIMA, C. W.; GICHIMU, B. M.; KENJI, GM. M.; RENAUD, B. Evaluation of beverage quality and green bean physical characteristics of selected Arabica coffee genotypes in Kenya. **African Journal of Food Science**, v. 3, n.11, p. 365-371, 2009.

KIM, S.Y.; KO, J. A.; KANG, B. S.; PARK, H. J. Prediction of key aroma development in coffees roasted to different degrees by colorimetric sensor array. **Food Chemistry**, v. 240, p. 808-816, 2018.

KITZBERGER, C. S. G. **Caracterização e discriminação de cafés arábica de diferentes variedades cultivadas nas mesmas condições edafoclimáticas**. 2012. 146p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2012.

KRUG, H. P. Cafés duros: II - um estudo sobre a qualidade dos cafés de varrição. **Revista do Instituto do Café**, São Paulo, v. 27, n. 163, p. 1393-1396, 1940.

KORHOŇOVÁ, M. HRON, K.; KLIMCIKOVÁ, D.; MULLER, L.; BEDNÁR, P. Coffee aroma: statistical analysis of compositional data. **Talanta**, Amsterdam, v. 80, n. 2, p. 710-715, 2009.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; CRUZ, C. D.; MENDONÇA, S. M.; NETO, A. P. Alocação de foto assimiladores em folhas e frutos

de cafeeiro cultivados em duas altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1521- 1530, 2007.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. Physiological and psychological foundations of sensory function. In: **Sensory evaluation of food**. Springer New York, p. 19-56, 2010.

LEE, L.W.; CHEONG, M.W.; CURRAN, P.; YU, B.; LIU, S.Q. Coffee fermentation and flavor - An intricate and delicate relationship. **Food Chemistry**, v. 185, p. 182-191, 2015.

LEITE, I. P. **Influência do local de cultivo e do tipo de colheita nas características físicas, composição química do grão e qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 1991. 131p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura de Lavras. Lavras, 1991.

LEROY, T. RIBEYRE, F.; BERTRAND, B.; CHARMETANT, P.; DUFOUR, M.; MONTAGNON, C.; MARRACCINI, P.; POT, D. Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 229-242, 2006.

LI, C.; WANG, H.; JUÁREZ, M.; RUAN, E. D. Structural Characterization of Amadori Rearrangement Product of Glucosylated N $\alpha$ -Acetyl-Lysine by Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. **International Journal of Spectroscopy**, p.1-6, 2014.

LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor**. 4th ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2011.

LÓPEZ-GALILEA, I.; FOURNIER, N.; CID, C.; GUICHARD, E. Changes in headspace volatile concentrations of coffee brews caused by the roasting process and the brewing procedure. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 54, p. 8560-8566, 2006.

LUZ, M. P. S. **Estudo da relação de fatores climáticos com a qualidade do café na Mantiqueira de Minas**. 2014. 84p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2014.

MALTA, M. R. Processamento e qualidade do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 261, p. 66-75, 2011.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R. M. Processamento e qualidade do café produzido na região do cerrado mineiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Resumos...** Brasília: Embrapa Café, 2010.

MATIELLO, J. B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo, SP: Globo, 1991.

MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. **Café na Amazônia**. 1. ed. Brasília, DF: EMBRAPA Rondônia, 2015.

MARTINEZ, H. E. P.; CLEMENTE, J. M.; LACERDA, J.; S. de; NEVES, Y. P.; PEDROSA, A. W. Nutrição mineral do cafeeiro e qualidade da bebida. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 838-848, 2014.

MAPA. **Ministério da Agricultura, Pesca e Abastecimento do Brasil**. Regras para Análises de Sementes. 2009. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumosagropecuarios/arquivos79publicoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_\\_sementes.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumosagropecuarios/arquivos79publicoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf)>. Acesso em: 20 de junho de 2018.

MASI, C.; DINNELLA, C.; BARNABÀ, M.; NAVARINI, L.; MONTELEONE, E. Sensory properties of under-roasted coffee beverages. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 78, n. 8, p. 1290-1300, 2013.

MAZZAFERA, P. E.; PADILHA-PURCINO, R. Post harvest processing methods and alterations in coffee fruit. In: ASIC PROCEEDINGS OF 20TH COLLOQUE COFFEE. Bangalore. **Anais eletrônicos...** India. 2004.

MIRANDA, G.V. **Diversidade genética e desempenho de cultivares de soja como progenitores**. 1998. 117p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) -Universidade Federal de Viçosa. .Viçosa, 1998.

MONDELLO, L.; COSTA, R.; TRANCHIDA, P. Q.; DUGO, P.; LO PRESTI, M.; FESTA, S.; FAZIO, A.; DUGO, G. Reliable characterization of coffee bean aroma profiles by automated headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry with the support of a dual-filter mass spectra library. **Journal of Separation Science**, n. 28, p. 1101-1109, 2005.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: An evaluation. **The Computer Journal**, v. 20, n. 4, p. 359-363, 1977.

MOTEIRO, M. C.; FARAH, A. Chlorogenic acids in Brazilian Coffea arabica cultivars from various consecutive crops. **Food Chemistry**. Rio de Janeiro,v. 134, p. 611-614, 2012.

MONTEIRO, M. C.; TRUGO, L. C. Determinação de compostos bioativos em amostras comerciais de café torrado.**Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 637-641, 2005.

MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C.; deMARIA, C. A. Componentes voláteis do café torrado: parte II: compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 195-203, 2000.

NASCIMENTO, P. M. **Estudo da composição química, atividade antioxidante e potencial odorífico de um café Conilon, em diferentes graus de torrefação e análise comparativa com café arábica**. 2006. 90p. Tese (Mestrado em Química) – Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2006.

NETO, C. D.; UETANABARO, A. P. T.; OLIVEIRA, E. Influência do meio geográfico e os fatores ambientais na qualidade do café do planalto de vitória da conquista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 42, 2016, Serra Negra. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2016. (1 CD-ROM), p. 2.

NIJSSEN, L. M. Volatile Compounds in Food. Qualitative and Quantitative. Data, 7th edn, pp. 72. 1-72.23. TNO **Nutrition and Food Research Institute**, Zeist, The Netherlands, 1996.

NURSTEN, H. E. **The Maillard reaction [electronic resource]**: chemistry, biochemistry, and implications. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 2005, 214 p.

NOBRE, G. W.; BORÉM, F. M.; ISQUEIRO, E. P./ PEREIRA, R. G. F. A.; OLEIVEIRA, P. D. de. Composição química de frutos imaturos de café arábica (*Coffea arabica* L.) processados por via seca e via úmida. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 107-113, 2011.

NOIA, L. R. **Discriminação da qualidade de cafés conilon por atributos físico-químicos**. 2017. 57p. Dissertação (mestrado em Produção Vegetal, na área de concentração Biotecnologia e Ecofisiologia do Desenvolvimento de Plantas) – Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2017.

HO, C.T.; ZHENG, X.; LI, S. Tea aroma formation. **Food Science and Human Wellnes**, v. 1, p. 9-27, 2015.

OLIVEIRA, D. M. de; BASTOS, D. H. M. Biodisponibilidade de ácidos fenólicos. **Química Nova**, v. 34, n. 6, p. 1051-1056, 2011.

OSÓRIO, V. M. **Desenvolvimento de método para análise de acroleína-DNPH em alimento, ar expirado e ar ambiente utilizando SPME-GC/MS**. 2012. 95p. Doutorado (Química em Ciências-Química) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2012.

PACHECO, S.; BORGUINI, R. G.; SANTIAGO, M. C. P. A.; NASCIMENTO, L. S. M.; GODOY, R. L. O. História da Cromatografia Líquida. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 4, p. 1225-1271, 2015.

PAIVA, E. F. F. **Análise sensorial dos cafés especiais do Estado de Minas Gerais**. 2005. 55 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

PEREIRA, R. G. F. A. **Efeitos da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café (*Coffea arabica* L.) “Estritamente Mole”**. 1997. 96p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras. Lavras, 1997.

PEREIRA, L. L.; GUARÇONI, R. C.; PULINI, I. C.; CARDOSO, W. S. Tamanho ótimo do número de Q-Graders de café com uso do protocolo SCAA. Simpósio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas Tendencias, 9., 2016. Porto Alegre, Brasil. **Anais...**2016.

PEREIRA, M. C.; CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, G. R. D.; SAVIAN, T. V. Multivariate analysis of sensory characteristics of coffee grains (*Coffea arabica* L.) in the region of upper Paranaíba. **Acta Scientiarum**. vol. 32, n. 4, p. 635-641, 2010.

PEREIRA, R. G. F. A.; VILELLA, T. C.; ANDRADE, E. T. Composição química de grãos de café (*Coffea arabica* L.) submetidos a diferentes tipos de pré-processamento. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2002, Vitória. **Resumos...** Brasília: Embrapa Café, 2002. p. 826-831.

PETISCA, C.; PALACIOS-PÉREZ, T.; PINHO, O.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O. Optimization and Application of a HS-SPME-GC-MS Methodology for Quantification of Furanic Compounds in Espresso Coffee. **Arabian Journal for Science and Engineering**, v. 40, p. 125-133, 2015.

QIU, Z.; STOWELL, J. G.; MORRIS, K. R.; BYRN S. R., PINA, R. Kinetic study of the Maillard reaction between metoclopramide hydrochloride and lactose. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 303, p. 20-30, 2005.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R **Foundation for Statistical Computing**, Áustria, 2018.



PEREIRA, L. L. **Novas abordagens para produção de cafés especiais a partir do processamento via-úmida**. 2017. 198p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2017.

REINATO, C. R. R. **Secagem e armazenamento do café: aspectos qualitativos e sanitários**. 2006. 111p. Dissertação (Stricto-Sensu em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 2006.

RIBEIRO, D. E.; PRADO, M. V. B.; TOSTA, M. F.; TAVEIRA, J. H. S.; LUZ, M. P. S.; GUIRALDELI, C. H. C.; LEMOS, I. A.; PEREIRA, C. C.; FERRAZ, V.; BORÉM, F. M. Composição química e qualidade sensorial de cafés especiais em função do genótipo, ambiente e processamento. In: VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2013. **Anais...**Salvador, BA: Embrapa Café, Resumo Expandido, 2013.

RIBEIRO, J. S.; AUGUSTO, F.; SALVA, T. J.; THOMAZIELLO, R. A.; FERREIRA, M. M. Prediction of sensory properties of Brazilian Arabica roasted coffees by headspace solid phase microextraction-gas chromatography and partial least squares. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 364, p.172-179, 2009.

RISTICEVIC, S.; CARASEK, E.; PAWLISZYN, J. Headspace solid-phase microextraction–gas chromatographic–time-of-flight mass spectrometric methodology for geographical origin verification of coffee. **Analytica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 617, p. 72-84, 2008.

RODARTE, M. P. **Análise Sensorial, Química e Perfil de Constituintes Voláteis de Cafés Especiais**. 2008. 147p. Tese (Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, p. 147, 2008.

RODARTE, M. P.; ABRAHAO, S. A.; PEREIRA, R. G. F. A.; MALTA, M. R. Compostos não voláteis em cafés da região Sul de Minas submetidos a diferentes pontos de torração. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 33, n. 5, p. 1366-1371, 2009.

RODRIGUES, C. I.; MAIA, R.; MIRANDA, M.; RIBEIRINHO, M.; NOGUEIRA, J. M. F.; MÁGUAS, C. Stable isotope analysis for green coffee bean: A possible method for geographic origin discrimination. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, p. 463-471, 2009.

SALDAÑA, M. D. A.; MAZZAFERA, P.; MOHAMED, R. S. Extração dos alcalóides: cafeína e trigonelina dos grãos de café com c supercrítico. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 17. n. 4, 1997.

SALVA, T. J. G.; LIMA, V. B. A. A composição química do café e as características da bebida e do grão. **O Agrônomo, Campinas**, v. 59, n.1, p. 57-59, 2007.

SALLA, M. H. Influence of genotype, location and processing methods on the quality of coffee (*coffea arabica* L.). **Hawassa University, Hawassa**, Ethiopia, 2009. 127p.

SANTOS, V. E.; GOMES, M. F. M.; BRAGA, M. J.; SILVEIRA, S. F. R. Análise do setor de produção e processamento de café em Minas Gerais: Uma abordagem matriz insumo-produto. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n. 2, p. 363–388, 2009.

SANZ, C.; CZERNY, M.; CID, C.; SCHIEBERLE, P. Comparison of potent odorants in a filtered coffee brew and in an instant coffee beverage by aroma extract dilution analysis (AEDA). **European Food Research and Technology**, New York, v. 214, p. 299-302, 2002.

SARAIVA, S. H.; ZEFERINO, L. B.; DELLA LUCIA, S. M.; TEIXEIRA, L. J. Q.; JUNQUEIRA, M. S. Efeito do processamento pós-colheita sobre a qualidade do café conilon. **Enciclopédia biosfera**, v. 6, p. 39-9, 2010.

SCHOLZ, M. B. S.; SILVA, J. V. N, da; FIGUEIREDO, V. R. G. de; KITZBERGER, C. S. G. Atributos sensoriais e características físico-químicas de bebida de cultivares de café do IAPAR. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 6-16. 2013.

SCHOLZ, M. B.S.; KITZBERGER, C. G.; FIGEUIREDO, V. R. G. de; SILVA, J. V. N. da. Características físico-químicas de grãos verdes e torrados de cultivares de café (*Coffea arabica*L.) do IAPAR. **Coffee Science**. Lavras, v. 6, p. 245-255, 2011.

SILVERA, H. R. O.; SOUZA, K. R. D.; SILVA, D. M. Variação sazonal do metabolismo de carboidratos em cafés arábica sem três altitudes. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 9, 2015, Curitiba. **Anais...**Curitiba, 2015.

SINGH, D. The relative importance of characters affecting genetic divergence. **The Indian Journal of Genetic and Plant Breeding**. v. 41, p. 237-245, 1981.

SIQUEIRA, H. H.; ABREU, C. M. P. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 112-117, 2005.

SOUZA, S. M. C; CARVALHO, V. L. Efeito de microrganismos na qualidade da bebida de café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 21-26, 1997.

SOUZA, F. de F.; FERRÃO, L. F. V.; CAIXETA, E. T.; SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; OLIVEIRA, A. C. B. de. Aspectos gerais da biologia e da diversidade genética de *Coffea canephora*. 1. Ed. **Café na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, p.85-95, 2015.

SOBREIRA, F. M.; OLIVEIRA, A. C. B.; PEREIRA, A. A.; SOBREIRA, M. F. C.; SAKIYAMA, N. S. **Correlações fenotípicas entre caracteres de qualidade dos grãos e da bebida do de genótipos do híbrido de timor**. XVIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XIV Encontro Latino Americano de Pós Graduação e IV Encontro de Iniciação a Docência, 2014, Universidade do Vale do Paraíba.

SUNARHARUM, W. B.; WILLIAMS, D. J.; SMYTH, H. E. **Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective**. **Food Research International**. Australia, v. 62, p. 315- 325, 2014.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA (SCAA). **Metodologia SCAA de avaliação de cafés especiais**: Guia rápido – Green Coffee, 2009. Disponível em: [http://coffeetraveler.net/wp-content/files/903SCAACuppingMethod\\_RESUMO\\_3a.pdf](http://coffeetraveler.net/wp-content/files/903SCAACuppingMethod_RESUMO_3a.pdf)>. Acessado em: 26 de agosto de 2018.

Uganda Coffee Development Authority (UCDA). **Protocolos para a degustação do Robusta**. Londres, 2010.

TAUNAY, Affonso de E. **Pequena História do café no Brasil (1727- 1937)**. Rio de Janeiro: Edição do Departamento Nacional do Café, 1945.

TOCI, A. T.; FARAH, A. Volatile fingerprint of Brazil and effective coffee seeds: corroboration of potential marker compounds and identification of new low quality indicators. **Food Chemistry**, Oxford, v. 153, p. 298-314, 2014.

TOCI, A. T.; FARAH, A. Volatile compounds as potential defective coffee seeds' markers. **Food Chemistry**, London, v. 108, p. 1133-1141, 2008.

TOLEDO, P. R. A. B. **Relação entre qualidade, rastreabilidade e compostos voláteis de grãos de café arábica torrados de diversas regiões brasileiras**. 2018. 214p. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, da Universidade Estadual Paulista. Araraquara, 2018. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/153006/toledo\\_prab\\_dr\\_araiq\\_par.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/153006/toledo_prab_dr_araiq_par.pdf?sequence=3&isAllowed=y)>. Acessado em: 26 de agosto de 2018.

TOLEDO, P. R. A. B. Discriminant analysis for unveiling the origin of roasted coffee samples: A tool for quality control of coffee related products. **Food Control**, v. 73, p. 164- 174, 2017.

THOMAZIELLO, R. A. Classificação do café. **Revista cafeicultura**, 2014. Disponível em: <http://revistacafeicultura.com.br/?mat=55115>. Acesso em: 02 julho de 2018.

TORRES, L. M. **Compostos bioativos, ácidos orgânicos, atividade antioxidante e suas correlações com a qualidade da bebida de café arábica**. 2014. 120p.

Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2014.

VAN BA, H.; HWANG, I.; JEONG, D.; TOUSEEF, A. **Principle of Meat Aroma Flavors and Future Prospect**. 2012. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/latest-research-into-qualitycontrol/principle-of-meat-aroma-flavors-and-future-prospect>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2019.

VÁRVÖLGYI, E.; SZÖLLŐSIL, A. G. D.; SIPOS, L.; KOVÁCS, Z.; KÓKAI, Z.; CSÓKA, M.; MEDNYÁNSZKY, Z.; FEKETE, A.; KORÁNY, K. Application of Sensory Assessment, Electronic Tongue and GC–MS to Characterize Coffee Samples. **Arabian Journal for Science and Engineering**, v. 40, n. 1, p. 125- 133, 2015.

VERDIN FILHO, A. C. **Influência do espaçamento e densidade de hastes em café conilon conduzido com poda programada de ciclo**. 2011. 67p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2011.

VERDIN FILHO, A. C.; VOLPI, P. S.; RODRIGUES, W. N.; COLODETTI, T. V.; MAURI, A. L.; FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. da; FERRAO, M. A. G.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; COMÉRIO, M.; ANDRADE JUNIOR, S. de; PINHEIRO, C. A. The beverage quality of Conilon coffee that is kept in the field after harvesting: Quantifying daily losses. **African Journal of Agricultural**, v. 11, p. 3134-3140, 2017.

VIGNOLI, J. A.; VIEGAS, M. C.; BASSOLI, D. G.; BENASSI, M. de T. Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of arabica and robusta coffees. **Food Research International**, v. 61, p. 279-285, 2014.

VOSEN, H. A. M. V. Coffea selection and breeding. In: CLIFOORD, M. N.; WILLSON, K. C. **Coffea**: botany, biochemistry, and production of beans and beverage. London: Croom Helm, Westport Conn, p. 48-96, 1985.

WANG, X.; LIM, L. T. Investigation of CO<sub>2</sub> precursors in roasted coffee. **Food Chemistry**, v. 219, p. 185-192, 2017.

XAVIER, M. B. **Compostos bioativos, atividade antioxidante e antiproliferativa de duas cultivares do café arábica (*Coffea arabica* L.)**. 2017. 101p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

YANG, N.; LIU, C.; LIU, X.; DEGN, T.K.; MUNCHOW, M.; FISK, I. Determination of volatile marker compounds of common coffee roast defects. **Food Chemistry**, v. 211, p. 206-214, 2016.

ZAIDAN, U. R.; CORRÊA, P. C.; FERREIRA, W. P. M.; CECON, P. R. Ambiente e variedades influenciam a qualidade de cafés das matas de Minas. **Coffee Science**. Lavras, v. 12, n. 2, p. 240- 247, 2016.